

Česká společnost krajinných inženýrů  
České vysoké učení technické v Praze  
Univerzita Palackého v Olomouci  
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka  
Česká zemědělská univerzita v Praze

# Rybníky 2018



Praha 2018







Václav David a Tereza Davidová (eds.)

## Rybníky 2018

sborník příspěvků odborné konference

konané

14. - 15. června, 2018

na Českém vysokém učení technickém v Praze



Sborník vydalo České vysoké učení technické v Praze ve spolupráci s Českou společností krajinných inženýrů, Univerzitou Palackého v Olomouci, Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v.v.i. a Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Konference byla uspořádána v rámci řešení výzkumného projektu NAZV KUS QJ1620395 „Obnova a výstavba rybníků v lesních porostech jako součást udržitelného hospodaření s vodními zdroji v ČR“ financovaného Ministerstvem zemědělství ČR.

Recenzní posudky zpracovali:

Ing. Kateřina Černochová, Ing. Václav David, Ph.D., Ing. Tereza Davidová, Ph.D., Mgr. Marek Havlíček, Ph.D., RNDr. Petr Hekera, Ph.D., Ing. Věra Hubačiková, Ph.D., Ing. Petr Koudelka, Ph.D., Ing. Jana Marková, Ph.D., Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D., doc. RNDr. Martin Rulík, Ph.D., doc. Ing. Karel Vrána, CSc., prof. RNDr. Jaroslav Vrba, CSc.

Praha, 2018

# Obsah

<b>Předmluva</b>	
David V. ....	1
<b>Nevstoupíš dvakrát do téhož rybníka aneb vývoj rybníčních ekosystémů od Šusty k hypertrofii</b>	
Vrba J., Benedová Z., Jezberová J., Matoušů A., Musil M., Nedoma J., Pechar L., Potužák J., Řeháková K., Šimek K., Šorf M., Zemanová J. ....	2
<b>Horusický rybník a jeho látková bilance</b>	
Duras J., Potužák J., Kröpfelová L., Šulcová J., Benedová Z., Baxa M. ....	15
<b>Kvalita rybníčních sedimentů v zemědělsky využívaném povodí</b>	
Marval Š., Duras J., Marcel M., Hejduk T., Novák P. ....	15
<b>Vliv rybníků na kvalitu vody VN Jordán v Táboře</b>	
Potužák J., Duras J., Faina R., Fišer J. ....	26
<b>Problematika výskytu bobrů na rybnících</b>	
Uhlíková J. ....	
<b>Manipulace s vodní hladinou rybníků</b>	
Regenda J., Hartman P. ....	43
<b>Bezpečnostní přelivy – rozdílné způsoby technických řešení a jejich vliv na celkovou ekonomiku výstavby</b>	
Veselý D. ....	57
<b>Bezpečnostní přelivy historických rybníků - prověření kapacity a možné úpravy, nouzové přelivy</b>	
Žatecký S. ....	68
<b>Kvalita vody a zhodnocení antropogenního znečištění sedimentů fluválních jezer Labe</b>	
Beranová L., Chalupová D. ....	75
<b>Změny vybraných ekosystémových služeb rybníků na Svitavsku</b>	
Velešík M. ....	85
<b>Návrh, projekce a stavba malých vodních nádrží v subpovodí Přednického potoka v povodí vodárenského toku řeky Úhlavy</b>	
Mazín V. A. ....	95
<b>Výsadby a zajištění vodních prvků v biocentrech</b>	
Jahn Z. ....	109
<b>Proč i ornitologové měří průhlednost vody</b>	
Slabeyová K., Janoška Z. ....	118
<b>Rybníky a nádrže památkové chráněných areálů</b>	
Rozkošný M., Mlejnková H., Hudcová H., Petráňová A., Sedláček P., Dzuráková M. ....	128

<b>Úhyny ryb na rybníce Záhumenní velký způsobené nedostatečně fungující čistírnou odpadních vod</b>	
Chmelický P., Regenda J. ....	137
<b>Pošli to dál – aneb z čeho Průhonický park vyrábí biomasu sinic pro nádrž Hostivař</b>	
Maršálková E., Petřík P., Maršálek B. ....	149
<b>Potenciál obnovy vodních ploch evidovaných na mapách z let 1763-1768</b>	
Havlíček M., Skokanová H., David V., Pavelková R., Létal A., Frajer J., Netopil P., Šarapatka B. ....	159
<b>Výukový 3D model vodní nádrže</b>	
Hubačíková V., Pelikán P., Jirout M. ....	168
<b>Obnova vodních ploch v lesním prostředí</b>	
Marková J., Pelikán P. ....	175

## PŘEDMLUVA

Konference Rybníky 2018 je již čtvrtým ročníkem a i když jsou přípravy na ni vyčerpávající, vyjádřil bych rád přesvědčení, že není rozhodně ročníkem posledním. Doufám, že to nebude znít domýšlivě, ale myslím, že konferenci lze již označit za tradiční. Velmi si vážíme věrnosti, kterou nám řada účastníků zachovává již od prvního ročníku, na druhou stranu jsme však šťastni, že se najde i řada účastníků, kteří se naší konferenci účastní poprvé. Letošní ročník je co do počtu účastníků největší, počet účastníků činí téměř 180. Toto číslo myslím hovoří samo za sebe. Doufám, že nezklameme Vaše očekávání a že konference pro Vás bude přínosná po všech stránkách.

Tak jako v předchozích letech je spektrum příspěvků, které na konferenci zazní, velmi široké. Mimo jiné zazní příspěvky týkající se kvality vody a toků živin, technických aspektů souvisejících zejména s bezpečnostními přelivy nebo projekčních a realizačních činností. Příspěvků je dokonce tolik, že ne všechny mohou být s ohledem na časové možnosti být předneseny ústně a některé tak najdete zařazené pouze jako příspěvek ve sborníku.

Letos jsme po dvou letech také opět zařadili na program konference exkurzi. Ta letošní Vás zavede na rybníky v Praze, které uvidíte v různých fázích realizace. Navštívíme tedy jak rybníky, kde výstavba čerstvě započala, tak rybníky, které existují již dlouhou dobu a v současné době na jich probíhá revitalizace. Doufáme, že nám bude počasí přát a že se exkurze vydaří. Je nám líto, že jsme nebyli schopni uspokojit všechny zájemce o účast na exkurzi, ale kapacita byla bohužel omezená. Abychom uspokojili i ty, na které se nedostalo, rozhodli jsme se udělat na podzim ještě jednu exkurzi zaměřenou na rybníky v Praze. Ta je zatím předběžně naplánována na září s tím, že její program by se měl částečně překrývat s programem té konferenční. Rozhodli jsme se k tomuto řešení z toho důvodu, aby ti, kteří se exkurze v rámci konference neúčastní, o nic zásadního nepřišli, ale na druhou stranu, aby exkurze mohla být zajímavá i pro ty, kteří se té konferenční zúčastní.

Závěrem si dovoluji všem účastníkům popřát, aby si konferenci užili, a doufám, že pro Vás bude přínosná jak po stránce odborné, tak po stránce osobní, neboť myslím, že naše konference by měla být mimo jiné místem pro setkávání lidí s podobným zaměřením, tedy se zájmem o rybníky. Myslím, že tomu tak dosud bylo, a doufám, že tomu tak bude i nadále.

S úctou,  
Václav David

# NEVSTOUPÍŠ DVAKRÁT DO TÉHOŽ RYBNÍKA ANEB VÝVOJ RYBNÍČNÍCH EKOSYSTÉMŮ OD ŠUSTY K HYPERTROFII

YOU CANNOT STEP INTO THE SAME FISHPOND TWICE – AN  
EVOLUTION OF FISHPOND ECOSYSTEMS TO HYPERTROPHY

**Jaroslav VRBA<sup>1,2,✉</sup>, Zdeňka Benedová<sup>3</sup>, Jitka Jezberová<sup>2</sup>,  
Anna Matoušů<sup>2</sup>, Martin Musil<sup>3,4</sup>, Jiří Nedoma<sup>2</sup>,  
Libor Pechar<sup>3,4</sup>, Jan Potužák<sup>5,6</sup>, Klára Řeháková<sup>2</sup>,  
Karel Šimek<sup>1,2</sup>, Michal Šorf<sup>1,7</sup>, Jana Zemanová<sup>1,5</sup>**

<sup>1</sup>Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, Branišovská 1760,  
370 05 České Budějovice

<sup>2</sup>Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, Na Sádkách 7, 370 05 České  
Budějovice

<sup>3</sup>ENKI, o.p.s., Dukelská 145, 379 01 Třeboň

<sup>4</sup>Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Studentská 1668, 370  
05 České Budějovice

<sup>5</sup>Povodí Vltavy, s.p., vodohospodářská laboratoř České Budějovice, E. Pittera 1, 370 01  
České Budějovice

<sup>6</sup>Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Zátíší  
728/II, 389 25 Vodňany

<sup>7</sup>Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Zemědělská 1, 613 00 Brno  
✉jaroslav.vrba@prf.jcu.cz

## Abstract

Shallow manmade fishponds in south Bohemia were used for fish production for centuries; however, their ecosystems have changed dramatically due to excessive nutrient loading and fish stocking. Preliminary results of ten sampled fishponds suggested their hypertrophic status at present, while their plankton structure and dynamics reflected the actual size/age class of fish stock consisting predominantly of common carp. Planktivorous fish (both young carp and whitefish) remarkably reduced abundance, size, and species diversity of crustacean zooplankton, in particular large daphnids, whereas larger carp itself did not cause such a strong top-down effect. All other plankton components, i.e. phytoplankton, bacteria, protists, and rotifers showed rather high abundance and diversity, and suggested a reasonable impact of various microbial processes and interactions in the recent hypertrophic ecosystems.

**Keywords:** hypertrophic fishponds, nutrients, plankton, diversity, food webs, microbial activity



# 1 ÚVOD

Český hydrobiologický výzkum rybníků má dlouhou tradici [1] a v 60. – 80. letech minulého století zásadním způsobem ovlivnil rozvoj světové limnologie (např. [2] [3] [4]). V posledních desetiletích však náš základní výzkum rybníky téměř ignoroval. Nicméně ekologický monitoring, probíhající od 90. let např. na Třeboňsku a Blatensku, dokládá silnou eutrofizaci většiny rybníků, řádový nárůst živin oproti polovině minulého století, častou absencí velkého zooplanktonu a enormní výskyt vodních květů sinic [5], [6]. Tato výrazná proměna rybníčních ekosystémů zůstala téměř nepovšimnuta, ale nyní je zřejmé, že dnešní rybníky jsou úplně jiné ekosystémy, než jaké znali Šusta (původně oligo–mesotrofní či dystrofní rybníky limitované živinami [1]) či Hrbáček (ekosystémy řízené hlavně rybí obsádkou [3] [7]). Před 150 lety, kdy Josef Šusta prováděl své výzkumy na 20 velkých třeboňských rybnících, se jejich produkce pohybovala mezi 11 kg/ha (dystrofní Spolský ryb.) až 94 kg/ha (Bošilecký ryb.) ryb ročně [1]. Jím zavedená opatření (vápnění, organické hnojení, příkrmování atd.) podpořila jen mírně přirozenou produkci ryb. K zásadní proměně rybníčních ekosystémů vedla až další intenzifikace rybářské produkce během minulého století, především synergický efekt nárůstu živinové zátěže a nárůstu rybích obsádek v poválečném období [6].

S vědomím důsledků těchto změn jsme se zaměřili na komplexní výzkum rybníků, především poznání diverzity a struktury planktonních potravních sítí, přenosu energie a koloběhu živin v těchto mělkých hypertrofních ekosystémech s různou rybí obsádkou. Již předběžné výsledky přinesly mnohé očekávané, ale i překvapivé poznatky, které jsou obsahem tohoto příspěvku.

## 2 MATERIÁL A METODY

Celkem jsme sledovali 10 rybníků na Českobudějovicku (7) a Třeboňku (3) v podobné nadmořské výšce (407–428 m n. m.), které reprezentují různé typy od plůdkových výtažníků (několik ha) až po hlavní rybníky (desítky až stovky ha). Základní charakteristiky s kódy rybníků a typem obsádky, resp. dominantní ryby jsou uvedeny v Tab. 1.

Sledované rybníky byly vzorkovány třikrát za sezónu (v dubnu, červnu a srpnu 2017), jen Beranov a Roubíček dvakrát (v dubnu nebyly napuštěny), naopak Dehtář a Rod častěji (1× měsíčně). Fyzikálně-chemické parametry (vertikální profily teploty, pH, vodivosti, rozpuštěného kyslíku a světla sondami, průhlednost vody Secchiho deskou) byly měřeny *in situ* v dopoledních hodinách (cca 8–10 h). Směsný vzorek vodního sloupce (0–1 m) byl odebírán z lodi van Dornovým sběračem (1 m, 6,4 l). Ze směsného vzorku (cca 45 l) byly odebrány přes 200- $\mu$ m

sítka podvzorky na mikrobiální a chemické analýzy vody a sestonu a neprodleně dopraveny do laboratoře. Další nefiltrované podvzorky byly odebrány na analýzu fytoplanktonu, nálevníků a ostatních mikrobů a příslušně nafixovány. Z dalších 30 l směsného vzorku byli v 200- $\mu$ m planktonní síti zakoncentrováni a nafixováni planktoní korýši a z výsledného filtrátu bylo zakoncentrován a nafixován drobný zooplankton (frakce 20–200  $\mu$ m, resp. vířníci).

**Tab. 1** Geografické charakteristiky rybníků a typ obsádky (hlavní násada: K0–K2 – plůdek kapra, K2–KV a K3–KV – tržní kapr, Š0–Š1 – plůdek štiky, Ca-gen – generační candát; složení obsádky pro sportovní rybolov není známo, rybník se neloví).  $z_{max}$  – maximální hloubka.

Rybník	Kód	GPS souřadnice	Plocha (ha)	$z_{max}$ (m)	Typ obsádky
Beranov	BR	48.980N, 14.321E	13.3	2.5	K0–K2
Dehtář	DH	49.006N, 14.294E	228	5.0	K2–KV
Kvítkovický	KV	48.963N, 14.337E	24	3.0	K3–KV
Podvrážský	PV	48.976N, 14.330E	6.1	2.1	Sportovní
Posměch	PM	48.996N, 14.295E	36.6	3.2	K2–KV
Roubíček	RK	48.981N, 14.261E	4.4	1.4	K0–K2
Zběhov	ZB	48.992N, 14.305E	2.0	1.1	Š0–Š1 + plotice
Klec	KL	49.090N, 14.767E	64	2.0	K3–KV
Potěšil	PT	49.079N, 14.766E	64	2.6	K3–KV
Rod	RD	49.121N, 14.745E	22	1.3	K2–K3 + Ca-gen

Všechny chemické analýzy vody a sestonu byly provedeny standardními metodami v akreditované laboratoři ENKI. Pro základní porovnání rybníků byly použity koncentrace celkového dusíku (TN), celkového fosforu (TP), rozpuštěného organického uhlíku (DOC) a chlorofylu *a* (Chl<sub>a</sub>). Koncentrace metanu byly stanoveny na plynovém chromatografu a obrát metanu metodou přidavku radioaktivně značeného CH<sub>4</sub> [8]. Ostatní analýzy planktonu, včetně determinace či speciálních mikrobiologických a molekulárních metod, probíhaly v příslušně vybavených laboratořích HBÚ BC nebo PŘF JU (např. [9]).

### 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

V příspěvku uvádíme předběžné výsledky s důrazem na složení planktonu. Chemismus vody českobudějovických a třeboňských rybníků se lišil, významné rozdíly jsme zjistili u vodivosti (Tab. 2; třeboňské vs. českobudějovické, průměr  $\pm$  SD: 197  $\pm$  17 vs. 308  $\pm$  28  $\mu$ S/cm) a celkové alkality (KNK<sub>4,5</sub>: 0,96  $\pm$  0,38 vs.

2,07 ± 0,20 meq/l). Tyto výsledky ukazují na rozdíly v chemismu hlavních iontů, ale z hlediska míry eutrofizace se třeboňské a českobudějovické rybníky neliší. Všechny rybníky měly podobné koncentrace živin (TN = 3,0 ± 1,5 mg/l; TP = 0,25 ± 0,14 mg/l; TOC = 24,2 ± 7,6 mg/l; DOC = 16,0 ± 3,9 mg/l), přičemž maximální koncentrace celkových živin (Tab. 2) byly v letním období, resp. korespondovaly s vyšší biomasou fytoplanktonu. Přesto jsme v 64 % případů zjistili potenciálně limitující koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP <10 µg/l; medián 7 µg/l), často doprovázené zvýšeným poměrem C:P v sestonu (Tab. 3). Sezónní koncentrace chlorofylu *a* výrazně kolísaly (2,2–500 µg/l; medián 83 µg/l), často i u téhož rybníka v závislosti na složení a početnosti zooplanktonu (srov. Tab. 2 a 3).

**Tab. 2** Průměrné hodnoty (rozsahy) vybraných fyzikálně-chemických parametrů vody. Třeboňské rybníky jsou ve spodní části, u Rodu jsou odlišena období jarní čiré vody (RDj) a letní (RDI); Průhl. – průhlednost (Secchi), TN – celkový dusík, TP – celkový fosfor, DOC – rozpuštěný organický uhlík, Chla – chlorofyl *a*.

Kód ryb.	Průhl. (cm)	Vodivost (µS/cm)	TN (mg/l)	TP (mg/l)	DOC (mg/l)	Chla (µg/l)
BR	55 (40–70)	345 (329–361)	2,0 (1,6–2,4)	0,16 (0,14–0,19)	17,3 (16,4–18,3)	43,8 (18,5–69,2)
DH	49 (30–60)	308 (288–322)	2,9 (2,1–4,4)	0,19 (0,13–0,31)	12,8 (4,9–17,3)	104 (41,6–253)
KV	35 (20–55)	311 (303–319)	2,7 (2,1–3,5)	0,28 (0,14–0,43)	14,0 (11,9–15,2)	87,3 (86,9–87,5)
PV	33 (30–40)	292 (282–309)	3,0 (2,2–4,4)	0,29 (0,13–0,44)	17,4 (13,9–21,4)	134 (50,6–202)
PM	35 (25–40)	305 (300–310)	2,5 (1,9–2,9)	0,41 (0,21–0,78)	15,3 (15,1–15,8)	135 (85,7–182)
RK	45 (20–70)	256 (254–257)	3,3 (3–3,7)	0,17 (0,16–0,18)	17,2 (13,4–21)	88,8 (68,7–109)
ZB	25 (20–30)	346 (338–353)	2,5 (2–2,8)	0,25 (0,19–0,31)	17,1 (16,5–18,3)	51,8 (33,3–76,3)
KL	47 (20–80)	197 (196–199)	3,4 (1,7–6,8)	0,23 (0,09–0,40)	15,4 (10,2–19,9)	148 (19,9–387)
PT	40 (20–60)	196 (193–198)	4,0 (1,7–7,5)	0,26 (0,1–0,52)	15,0 (10,7–19,0)	200 (53,7–489)
RDj	>130	158	1,4 (1,1–1,7)	0,11 (0,09–0,14)	16,2 (14,7–17,7)	0,8 (0,4–1,1)
RDI	47 (20–90)	207 (193–212)	4,0 (2,0–5,9)	0,29 (0,26–0,34)	21,6 (16,2–24,7)	140 (7,0–326)

### 3.1 Struktura a diverzita planktonu

Plankton studovaných rybníků tvořilo 13–36 taxonů fytoplanktonu a 7–24 druhů zooplanktonu, z toho 1–10 druhů perlooček, 0–4 druhy klanonožců a 3–19 taxonů vířníků (Tab. 3). Významnou složku rybníčního planktonu tvořily také různé skupiny mikroorganismů (Tab. 4): nálevníci (medián 280 b./ml), heterotrofní bičíkovci (5840 b./ml), bakterie (15,1 mil. b./ml) a pikosinice (0,53 mil. b./ml). U nálevníků bylo možno obvykle rozlišit 20–30 morfotypů, převážně omnivorních taxonů; ovšem v přítomnosti perlooček rodu *Daphnia* dominovaly pouze druhy rodu *Halteria/Pelagohalteria*. Strukturu a diverzitu rybníčního planktonu nepochybně ovlivňuje jak složení rybí obsádky (tzv. top-down efekt, tj. vliv konzumentů vyšší trofické úrovně [7]), tak další hospodářské zásahy (tzv. bottom-up efekt, tj. ovlivnění dostupnosti živin: hnojení, krmení apod.).

Předpoklad, že biologická diverzita klesá s intenzitou hospodaření, tj. především s velikostí obsádky, rozhodně neplatí všeobecně a souvisí s velikostí konkrétních planktonních organismů. Vyžírací tlak rybí obsádky určitě významně ovlivnil (snížil) jak početnost, tak velikost i druhové složení korýšů (perlooček a klanonožců) (srov. [3] [4]), ale ve všech ostatních skupinách planktonu (fytoplankton, bakterie, prvoci i vířníci) rostla početnost, biomasa i taxonomická diverzita (Tab. 3 a 4). Nejméně taxonů fytoplanktonu, vířníků i nálevníků jsme nacházeli v souvislosti se zvýšeným filtračním tlakem hrotnatek (zejména *D. pulicaria*), kdy z nálevníků přežívali jen omnivorní filtrátoři rodu *Halteria/Pelagohalteria*.

Tzv. hrubý zooplankton sledovaných rybníků prakticky tvořily hlavně hrotnatky (*Daphnia* spp.). Dospělé buchanky (*Acanthocyclops trajani*, *Cyclops vicinus*) a vznášivky (*Eudiaptomus gracilis*) jsme nacházeli jen vzácně, nejpočetnější byly jejich naupliové larvy (medián 89 % počtů všech klanonožců), kopepoditová stadia byla hojněji zastoupena jen v některých rybnících, resp. vzorcích. Rostoucí vyžírací tlak rybí obsádky vedl k úbytku, případně vymizení hrotnatek, zejména za situací, kdy jejich reprodukční potenciál byl omezen také nedostatkem fosforu (vysoký poměr C:P, Tab. 3). Poměr C:P v sestonu přesahoval 180 v celé polovině případů. V takovém planktonu zcela dominovaly drobné perloočky (zejména *Bosmina longirostris*), filtrující vířníci (*Brachionus*, *Keratella*, *Polyarthra* aj.) a nauplia klanonožců. Relativně nízký obsah fosforu v biomase fytoplanktonu, resp. sestonu, jenž se promítal i do vyšší trofické hladiny, byl ve sledovaných rybnících poměrně častým jevem. V těchto případech byl zjevně růst fytoplanktonu limitován dostupností fosforu, takže právě omezení přísunu této živiny (z povodí i jiných zdrojů) by mohlo neefektivněji omezit vysoké biomasy fytoplanktonu a snížit tak navazující rizika.

**Tab. 3** Diverzita (počet taxonů) fytoplanktonu a zooplanktonu, průměrný počet všech perlooček (ind./l), podíl hrotnatek (*Daphnia* spp. – % celkového počtu perlooček) a molární poměr C:P v sestonu (třeboňské rybníky dole).

Kód	Fytoplankton	Zooplankton	Perloočky	Hrotnatky	C:P
BR	27–32	21–23	973	6 %	323
DH	18–31	13–16	377	34 %	332
KV	15–29	13–16	368	70 %	130
PV	21–24	12–24	40	29 %	207
PM	22–29	17–21	375	35 %	171
RK	19–21	13–19	725	16 %	594
ZB	19–27	11–18	33	1 %	131
KL	18–32	7–17	169	39 %	483
PT	23–35	9–15	16	35 %	297
RD	13–33	10–16	242	95 %	170

V biomase jarního fytoplanktonu dominovaly především rychle rostoucí druhy rozsivek (*Aulacoseira*, *Stephanodiscus* aj.) a skrytének (*Cryptomonas*, *Rhodomonas*), v letním období hlavně chlorokokální řasy, obrněnky a vláknité sinice. Nekonzumovatelné formy (např. *Planktosphaeria*, *Ceracium*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* aj.) často tvořily velkou biomasu, která nebyla dostupná pro filtrující herbivorní zooplankton. Náhradním zdrojem zřejmě v té době byly také početné pikosinice (Tab. 4), které se ovšem vyskytovaly hojně už v jarních odběrech, kromě situací tzv. čiré vody. K rozvoji vláknitých a koloniálních sinic (tzv. vodnímu květu) došlo až v srpnu.

Sezónní vývoj planktonu v rybnících tedy v hrubých rysech odpovídal modelu, který popisuje Plankton Ecology Group [10], zejména jeho revidované verzi pro eutrofní jezera s vysokou predací ryb [11]. Velikostní struktura i druhové složení zooplanktonu odpovídaly typu a velikosti rybí obsádky a v zásadě se potvrdily známé vztahy [3] [4] [12]. Zatímco kapří plůdek (K0) byl účinným konzumentem planktonních korýšů (viz % hrotnatek v BR a RK), násada tržního kapra (K2–KV) většinou umožňovala lepší rozvoj velkých perlooček, zejména v případě nízké násady v RD (přírodní rezervace) (Tab. 3). Nepříznivý vliv planktonožravých, tzv. plevelných ryb byl nesporný např. v rybníku pro sportovní rybolov (PV) nebo po nechtěném výtěru plotice (ZB). Podobný efekt měla zřejmě střevlička východní, hojně rozšířená v třeboňských rybnících – její letní výtěr způsobil také dočasné zhoršení stavu v RD, kde ale situaci patrně dokázaly zvrátit dravé ryby (candát).

**Tab. 4** Průměrné početnosti (rozsahy) vybraných skupin planktonu (třeboňské rybníky dole, u Rodu opět odlišena dvě období jako v Tab. 2).

Kód ryb.	Bakterie (10 <sup>6</sup> b./ml)	Pikosinice (10 <sup>6</sup> b./ml)	Bičíkovci (10 <sup>3</sup> b./ml)	Nálevníci (b./ml)	Vířníci (ind./l)
BR	20.8 (17.7–24.0)	0.40 (0.24–0.55)	3.5 (1.6–5.5)	219 (141–298)	5092 (4656–5828)
DH	15.2 (7.5–25.1)	0.90 (0.02–3.35)	4.5 (1.5–8.1)	247 (53–597)	4842 (306–11005)
KV	14.9 (13.7–17.1)	0.30 (0–0.53)	10.1 (1–26.5)	208 (106–278)	2986 (83–4821)
PV	16.6 (12.7–20.7)	0.52 (0.21–0.83)	6.4 (3.5–10.6)	310 (144–406)	31140 (1001–63054)
PM	17.1 (11.4–20.8)	0.28 (0.02–0.75)	8.7 (2.2–20.1)	426 (103–798)	5187 (3844–6572)
RK	17.1 (15.1–19.2)	0.002 (0.002–0.002)	10.9 (4.4–17.3)	124 (97–152)	2320 (177–4464)
ZB	19.0 (12.9–23.2)	2.15 (0.75–4.19)	13.9 (7.9–25.3)	277 (80–420)	13177 (2133–33790)
KL	15.8 (8.7–26.4)	0.93 (0.14–1.59)	8.8 (3.2–16.8)	262 (86–587)	10232 (5630–15717)
PT	15.6 (7.5–27.6)	1.08 (0.21–1.75)	10.3 (5.8–17.7)	364 (308–460)	9570 (3085–17639)
RDj	3.7 (2.1–4.7)	0.011 (0–0.034)	0.5 (0.1–0.9)	23.7 (0.3–69)	81 (7,2–154)
RDI	17.0 (12.8–21.2)	2.64 (1–4.25)	11.2 (7.3–16)	454 (279–770)	1900 (29–5549)

### 3.2 Mikrobiální procesy

Celkové počty bakterií, pikosiníc i prvoků v rybnících byly řádově vyšší (Tab. 4) než hodnoty obvyklé v eutrofních povrchových vodách [9], což ukazuje důležitou roli tzv. mikrobiální smyčky v ekosystémech hypertrofních rybníků. Její mimořádný význam ilustrují jak vysoké mikrobiální aktivity (viz dále), tak překvapivě nízký poměr biomasy (v  $\mu\text{g C/l}$ ) fytoplanktonu a bakterií v rozmezí 0,6–92 (medián 14,4), přičemž hodnot  $<1$  dosahoval v jarním období čiré vody (srov. RDj v Tab. 2 a 4). To znamená, že biomasa heterotrofních bakterií byla v té době větší než biomasa primárních producentů (pikosinice do poměru nebyly zahrnuty).

Celková bakteriální produkce dosahovala v průměru 21 (2–66) mil. b./ml denně. Významnými konzumenty bakterií (zřejmě i pikosiníc) byli heterotrofní bičíkovci a nálevníci (převážně omivorní druhy), ale asi také vířníci a některé ploučky. Samotní prvoci zkonzumovali v průměru 60 % produkce volných

bakterií (<1  $\mu\text{m}$ ) za den. Příjem bakterií některými nálevníky převyšoval až řádově publikované rychlosti z povrchových vod (např. [9]) – medián (max.) příjmu běžně dosahoval stovek bakterií za hodinu na 1 nálevníka, ale např. 1090 (5870) bakt./hod. pro *Halteria/Pelagohalteria*, resp. až 10,5 (18,9) tis. bakt./hod. pro *Vorticella* spp. Podobné hodnoty jsou charakteristické spíše pro aktivovaný kal v čistírnách odpadních vod.

V sedimentu hypertrofních rybníků může vznikat značné množství metanu, zejména při vyšších teplotách. Koncentrace metanu ve vodě (0,07–5,9  $\mu\text{mol/l}$ ) kolísaly jednak v závislosti na typu obsádky, respektive na intenzitě disturbance (oxidace) sedimentu rybami, jednak na aktivitě metanotrofních bakterií, které tvořily až 6 % celkových počtů bakterií v planktonu některých rybníků. Rychlost oxidace metanu dosahovala až 2,8  $\mu\text{mol/l}$  a medián doby obratu  $\text{CH}_4$  byl 1,7 dne. Metan možná představuje nezanedbatelný alternativní zdroj uhlíku pro plankton hypertrofních a organickými látkami zatížených rybníků.

## 4 SOUHRN

Současné běžné obsádky tržních kaprů zjevně nemohou vysvětlit dramatickou redukci až vymizení koryšů v některých studovaných rybnících, ale jejich potravní aktivita nejspíš výrazně snižuje produkci metanu v sedimentech rybníků, a také prakticky eliminuje výskyt makrofyt v hlavních rybnících, jak ukazují výsledky K. Francové a kol. [13]. Naproti tomu v plůdkových rybnících, nebo v případech velkých abundancí drobných planktonofágních ryb (plotice, střevlička východní aj.) v hlavních rybnících, se vliv početné rybí obsádky projevil odpovídajícím způsobem: zaznamenali jsme nižší diverzitu i abundance koryšů spolu s nárůstem abundance i druhové diverzity ostatních sledovaných skupin, a to včetně fytoplanktonu a vířníků.

Naše předběžné výsledky jasně potvrzují vysokou zásobu jak minerálních živin, tak organických látek v rybnících, což podporuje enormní rozvoj a aktivitu mikrobů i fytoplanktonu v současných rybníčních ekosystémech. Tento stav představuje potenciální riziko kyslíkových deficitů zejména v případech, kdy mikrobiální biomasa (a to včetně fytoplanktonu!) není filtrujícím zooplanktonem účinně regulována. Snížení maximálních dosahovaných biomas fytoplanktonu by se dalo neefektivněji dosáhnout omezením přísunu fosforu, který růst fytoplanktonu zpravidla limituje. V kombinaci s účinnou eliminací plevelných ryb a udržením oxických podmínek, jež brání mobilizaci fosforu ze sedimentů, by se toto opatření mohlo příznivě promítnout do nárůstu velkého fitujícího zooplanktonu, právě díky lepší reprodukci hrotnatek.

## Literatura

- [1] ŠUSTA, Josef. *Výživa kapra a jeho družiny rybníčné* (1. vydání 1884). Třeboň: Carpio, 180 s. 1997.
- [2] DYKYJOVÁ, Dagmar, KVĚT, Jan (eds.). *Pond littoral ecosystems*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1978. 371 s.
- [3] FOTT, Jan, PECHAR, Libor, PRAŽÁKOVÁ, Miroslava. *Fish as a factor controlling water quality in ponds*. In: Barica, J., Mur, L. R. (eds.), *Hypertrophic ecosystems. Developments in Hydrobiology 2*, 1980. 255–261.
- [4] KOŘÍNEK, Vladimír, FOTT, Jan, FUKSA, Josef, LELLÁK, Jan, PRAŽÁKOVÁ, Miroslava. *Carp ponds of central Europe*. In: Michael R. G. (ed.) *Managed aquatic ecosystems, Ecosystems of the World 29*. Amsterdam: Elsevier, 1987. 29–63.
- [5] PECHAR, Libor. *Impacts of long-term changes in fishery management on the trophic level and water quality in Czech fish ponds*. *Fisheries Management and Ecology* 7, 2000. 23–32.
- [6] PECHAR, Libor. *Století eutrofizace rybníků – synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybích obsádek*. *Vodní hospodářství*, 7/2015: 1–6. 2015.
- [7] HRBÁČEK, Jaroslav. *Species composition and the amount of the zooplankton in relation to the fish stock*. Praha: Academia. *Rozpravy ČSAV* 72, 1962. 114 s.
- [8] MATOUŠŮ, Anna, OSUDAR, Roman, ŠIMEK, Karel, BUSSMANN, Ingeborg. *Methane distribution and methane oxidation in the water column of the Elbe estuary, Germany*. *Aquatic Sciences* 79, 2017. 443–458.
- [9] ŠIMEK, Karel, BOBKOVÁ, Jitka, MACEK, Miroslav, NEDOMA, Jiří, PSENNER, Roland. *Ciliate grazing on picoplankton in a eutrophic reservoir during the summer phytoplankton maximum: A study at the species and community level*. *Limnology and Oceanography* 40, 1995. 1077–1090.
- [10] SOMMER, Ulrich, GLIWICZ, Zbygniew Maciej, LAMPERT, Winfried, DUNCAN, Ann. *The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters*. *Archiv für Hydrobiologie* 106, 1986. 433–471.
- [11] SOMMER, Ulrich, ADRIAN, Rita, DOMIS, Lisette De Senerpont, ELSER, James J., GAEDKE, Ursula, IBELINGS, Bas, JEPPESEN, Erik, LÜRLING, Miquel, MOLINERO, Juan Carlos, MOOIJ, Wolf M., VAN DONK, Ellen, WINDER, Monika. *Beyond the plankton ecology group (PEG) model: mechanisms driving plankton succession*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 43, 2012. 429–448.



- [12] POTUŽÁK, Jan, HŮDA, Jan, PECHAR, Libor. *Changes in fish production effectivity in eutrophic fishponds – impact of zooplankton structure*. *Aquaculture International* 15, 2007. 201–210.
- [13] FRANCOVÁ Kateřina, ŠUMBEROVÁ Kateřina, ČTVRTLÍKOVÁ Martina, KUČEROVÁ Andrea, BOROVEC Jakub, EXLER Norbert, SCHMIDT-MUMM Udo, JANAUER Georg Albert. *Interconnection between fishpond management and aquatic macrophytes*. In: 10th Symposium for European Freshwater Sciences 2017, June 2–7, Olomouc, Abstract Book, 2017. S. 231. Dostupný z: <http://www.sefs10.cz/sites/default/files/images/SEFS-abstract-book.pdf>

**Poděkování**

Výzkum podpořila Grantová agenturá ČR – projekt 17-09310S: *Rybníky jako modely pro studium diversity a dynamiky planktonu hypetrofních mělkých jezer (2017–2019)*.



# HORUSICKÝ RYBNÍK A JEHO LÁTKOVÁ BILANCE

## HORUSICKÝ FISHPOND – MASS BALANCE

Jindřich DURAS<sup>1,✉</sup>, Jan Potužák<sup>2</sup>, Lenka Kröpfelová<sup>3</sup>, Jana Šulcová<sup>3</sup>, Zdeňka Benedová<sup>3</sup>, Marek Baxa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Povodí Vltavy, státní podnik, Denisovo n. 14, 304 20 Plzeň*

<sup>2</sup> *Povodí Vltavy, státní podnik, Emila Pittera 1, 370 01 České Budějovice*

<sup>3</sup> *Enki, o.p.s., Dukelská 145, 379 01 Třeboň*

✉ *jindrich.duras@pvl.cz*

### Abstract

Nutrient flows were studied in a locality of a large fishpond Horusický (377 ha) where carps were produced semiintensively in two years production cycles. Results confirmed previous findings that (i) proper approach to evaluation of the role of a fish pond in a watershed is calculation of retention effectivity for nutrient input just from drainage area (aquaculture not included); (ii) fish harvesting period is critical point for whole the nutrient balance, (iii) application of fertilizer lowers effectivity of P retention. Fish ponds are very important parts of watersheds and could be useful in circular economy because nutrients (plus organic compounds and cations) caught in sediments may be utilized in agriculture.

**Keywords:** fish ponds; nutrient mass balance; aquaculture; phosphorus; nitrogen

## 1 ÚVOD

Odpovědi na otázku, jak pohlížet na úlohu rybníků v krajině, se sice pořád vyvíjejí směrem k poznávání a uznávání jejich ekosystémových služeb, ale stále není jasné, jestli rybník je nebo není zdrojem živin pro níže ležící povodí. Nejasnosti vyplývají zejména z velké rozmanitosti rybníků a situací, v nichž se nacházejí, takže je obtížné formulovat nějakou „obecnou pravdu“.

Po bilančních studiích na řadě rybníků [1] jsme mohli potvrdit oprávněnost již dříve formulovaného přístupu [2], že dobře fungující rybník by i při využívání produkčními rybáři měl mít zachována přirozenou schopnost zadržovat sloučeniny fosforu, jak byla definována obecně pro vodní nádrže našeho klimatického pásma [3]. Rybník by tedy měl bez zahrnutí vstupů a výstupů fosforu v rámci rybářského hospodaření zadržet určitý podíl P přicházejícího přítoky z povodí, a to ve výši závislé na teoretické době zdržení vody v rybníce:

silně průtočný rybník má menší schopnost retence (kolem 20 %), rybník s pomalou obměnou vody má potenciál zadržet větší podíl P (až 50-65%). Při studiích látkových bilancí rybníků se ukazuje [1], že nehnojené rybníky s relativním krmným koeficientem do 2,0 (na 1 kg vyprodukované ryby se spotřebují 2 kg krmiva, obvykle zrnin) skutečně zadržují odpovídající podíl fosforu. Naopak v případech, kdy jsou aplikována hnojiva (obvykle chlévská mrva), nebo v případech, kdy můžeme rybníční sedimenty označit za jakousi „starou ekologickou zátěž“ (ať už vznikla vstupem odpadních vod nebo předchozím způsobem hospodaření), se rybníky stávají samostatným zdrojem P.

V tomto příspěvku se pokusíme ukázat různé pohledy na látkovou bilanci, a to na příkladu Horusického rybníka nedaleko Veselí nad Lužnicí.

## 2 METODIKA

Horusický rybník leží na Bukovském potoce (levostranný přítok Lužnice), jehož povodí uzavírá. Horusický r.: katastrální výměra je 438 ha, reálně zjištěná vodní plocha 377 ha, objem vody 3,97 mil. m<sup>3</sup>, doba zdržení vody je vysoká, v době bilančního sledování asi 450 dnů, odtok vody je požerákem, ode dna rybníka (spodní voda). Hlavním přítokem (obr. 1) je Bukovský p., jenž nese zřetelné známky jak zemědělského hospodaření, tak komunálních odpadních vod. Vodností srovnatelný je Bošilecký p., který těsně před Horusickým r. prochází rybníkem Bošileckým (katastrální výměra 200 ha, 1,83 mil m<sup>3</sup>), jenž zásadně ovlivňuje vlastnosti vody v potoce. Další dva přítoky nebyly sice významné vodností, ale vnosem znečišťujících látek ano: přítok od obce Horusice (komunální odpadní vody) a od obce Bošilec (odp. vody komunální a z živočišné výroby).

Látková bilance byla propočtena na základě výsledků z bodových odběrů vzorků ve čtrnáctidenních intervalech na všech přítocích uvedených výše a na odtoku. V okamžiku odběru byl měřen také průtok vody (Flow Tracker). V době výlovů byly s pomocí automatického vzorkovače odebírány směšné 24 hodinové vzorky po celou dobu samotného výlovu, tedy zhruba 5 dnů.

Horusický r. je využíván ve dvouhorkovém produkčním cyklu, podrobně bilancován byl cyklus 2016-2017, který zahrnuje období XI.2015-X.2017. Produkční cyklus začíná ukončením předchozího výlovu. Na to navazuje strojení (snižování hladiny) a výlov Bošileckého r., jehož vodou se Horusický naplní asi do poloviny. Tento proces byl také monitoringem zachycen. Při nahánění (napouštění) Horusického rybníka neodtékala voda v období XI.2015-VI.2016, tedy po dobu osmi měsíců. Bez odtoku byla i některá další období, např. IX.2017. Většina naakumulované vody (~80-85%) odeče během zhruba tří

týdnů strojení rybníka (bez resuspenzí sedimentu), zbytek pak při samotném lovení, kdy rybník opouští i velké množství resuspendovaných usazenin.



**Obr. 1** Horusický rybník – situace v lokalitě s vyznačením odběrových profilů

Na Horusickém rybníce byla testována metoda odsávání sedimentů a jejich zachycování v geotextilních vacích s následnou aplikací na pole [4]. Proto byly k dispozici i údaje o složení sedimentů, takže mohla být do celkové látkové bilance rybníka zahrnuta i tato položka.

Vstupy látek v souvislosti s rybářským hospodařením byly propočteny podle údajů Rybářství a.s. Třeboň o nasazeném a sloveném množství ryb, krmení a hnojení za celý produkční cyklus. Pro přepočítání na fosfor a dusík byly použity koeficienty uvedené v tab. 1. Tyto hodnoty jsou velmi důležité, protože mají na výsledek látkové bilance velký vliv. Proto byl obsah P v biomase kaprů zjišťován v průběhu produkčního cyklu – výsledky se vztahují na celou rybu s vypláchnutým obsahem zaživadel.

**Tab. 1** Obsah P a N pro propočítání látkové bilance vstupů a výstupů z rybářského hospodaření. Obsah P v biomase kapra byl stanoven opakovaně přímo na

rybách z Horusického rybníka v průběhu produkčního cyklu. Ostatní údaje převzaty [5, 6].

	P	N
	$g\ kg^{-1}$	
kapr	5,35	23,7
krmení (zrniny)	3,70	20,0
hnůj	1,35	4,8

Retence látek (R) byla vypočtena jako:

$$R = \text{Odtok} - \text{Přítok}$$

Proto záporné hodnoty znamenají, že se v rybníce daná látka zadržela, kladné hodnoty znamenají, že se z rybníka uvolnila (odteklo víc, než přiteklo).

**Tab. 2** Horusický rybník – přehled vybraných parametrů jakosti vody. Průměrné hodnoty za produkční cyklus 2016-2017, bez období lovení rybníků; Horusický r. směsný vzorek (hl. 0-2 m), průměr za obě vegetační období.

	BSK <sub>5</sub>	TOC	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N celk	P celk	P rozp
	$mg\ l^{-1}$						
Hladina	9,8	22,8	0,20	0,17	2,8	0,210	0,043
Odtok	9,8	23,2	0,14	0,60	3,4	0,241	0,047
Bukovský p.	3,3	10,1	8,52	0,34	11,6	1,04	0,98
Bošilecký p.	9,0	19,8	0,48	0,77	3,5	0,263	0,066
BP od Horusic	60,3	41,5	2,24	28,95	41,3	4,32	3,84
BP od Bošilce	34,7	39,4	0,76	21,57	30,1	4,65	4,23

Alespoň rámcový vzhled do poměrů jakosti vody v monitorovaných profilech poskytuje tab. 2. Charakteristiku Horusického r. je třeba doplnit o koncentraci chlorofylu a – průměr za obě vegetační sezóny 109, max. 430  $\mu g.l^{-1}$  a o průhlednost vody – průměr 0,70 (0,10-2,0 m). Horusický rybník patří tedy mezi vysoce eutrofní až hypertrofní vody. Už z tab. 2 je vidět transformační vliv obou rybníků: zvýšení obsahu organických látek primární produkcí, snižování obsahu sloučenin N i P a v (tomto) případě velkého rybníka a malé obce také likvidace odpadních vod – dalo by se dokonce napsat „eliminace jejich vlivu“.

### 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

**Pohled první** budiž na tabulku (tab. 3) látkové bilance, kde nejsou zahrnuty výlovy, ale ani vstupy a výstupy látek z rybářského hospodaření. Je to tedy obraz rybníka, který „pracuje“ za běžné produkce ryb, kdy zjišťujeme pouze retenci látek porovnáním přítoku a odtoku. Už na začátku musíme říci, že efektivita zadržování zejména živin vypadá z tohoto pohledu naprosto ideálně zejména proto, že jsme bilancovali i celou dobu napouštění, kdy žádná voda, tedy ani živiny neodtékaly. Ale tuto „výhodu“ ztratíme při vypuštění rybníka k výlovu.

Z tabulky je vidět vysoce účinná retence sloučenin N a P. Eliminace  $\text{NO}_3\text{-N}$  je nacházena v rybnících pravidelně, ovšem část  $\text{NO}_3\text{-N}$  se stává součástí N organicky vázaného (po zapojení do potravního řetězce), a tak je lépe hodnotit N celkový. Horusický rybník odstranil celkem 77% všech sloučenin N – dílem denitrifikací, dílem zabudováním do organické hmoty a uložením do sedimentů.

*Tab. 3 Horusický rybník – látková bilance vybraných ukazatelů za produkční cyklus 2016-2017 bez zahrnutí výlovu Horusického i Bošileckého a bez látkových toků v souvislosti s rybářským hospodařením.*

	NL 105	N- $\text{NO}_3$	N- $\text{NH}_4$	N an	N celk	P celk	P rozp	TOC
tuny za XI. 2015-X.2017 (bez výlovů a strojení)								
<b>Odtok</b>	<b>99</b>	<b>1,34</b>	<b>1,78</b>	<b>3,2</b>	<b>10,0</b>	<b>0,64</b>	<b>0,13</b>	<b>72</b>
Bukovský p.	60	24	0,82	24	31	1,73	1,47	27
Bošilecký p.	75	1,20	1,15	2,35	7,9	0,47	0,10	49
BP od Horusic	3,85	0,15	1,38	1,54	2,07	0,21	0,18	2,13
BP od Bošilce	3,53	0,19	1,94	2,16	2,78	0,41	0,37	3,85
<b>Celkem přísun</b>	<b>143</b>	<b>25</b>	<b>5,30</b>	<b>31</b>	<b>44</b>	<b>2,82</b>	<b>2,12</b>	<b>82</b>
<b>RETENCE tuny</b>	<b>-44</b>	<b>-23,8</b>	<b>-3,52</b>	<b>-27,4</b>	<b>-33,9</b>	<b>-2,17</b>	<b>-1,99</b>	<b>-9,9</b>
<b>RETENCE %</b>	<b>-31</b>	<b>-95</b>	<b>-66</b>	<b>-90</b>	<b>-77</b>	<b>-77</b>	<b>-94</b>	<b>-12</b>

Retence fosforu se projevila především v odstranění eutrofizačně nejrizikovější formy P, tedy  $\text{PO}_4\text{-P}$ . Je třeba ovšem uvést, že část takto „odstraněného“ P se stala součástí biomasy planktonu, který, pokud je exportován z rybníka v odtékající vodě, představuje opět velmi rizikovou podobu P, protože podléhá rychlému rozkladu a P je recyklován. Retence P celkového v úrovni -77% překonává i retenci potenciální [3], která zde odpovídá zhruba 67%. Pokud bychom bilancovali pouze období, kdy voda z Horusického rybníka

odtékala, tedy mimo napouštění, které trvalo 8 měsíců, i tak bychom zjistili velmi příznivé hodnoty retence: N celk -64% a P celk -66%.

V průběhu „běžného provozu“, tedy necelé dva roky, Horusický rybník jakost vody co do obsahu živin výrazně zlepšoval.

**Pohled druhý** – látková bilance živin v souvislosti s rybářským hospodařením (tab. 4). Hodnocený cyklus 2016-2017, byl nejefektivnější z posledních pěti cyklů (od r. 2008): byla dosažena nejvyšší produkce (= vysoký odsun živin s vylovenou biomasou) a nejnižší relativní krmný koeficient (RKK, = velmi efektivní využití krmiva), zatímco dávka hnoje a krmiva byla podprůměrná (= relativně nízký vnos N i P). Byly tedy splněny všechny podmínky pro dosažení velmi příznivé látkové bilance živin.

**Tab. 4** Horusický rybník – látková bilance živin při produkci ryb v cyklu 2016-2017. RKK – relativní krmný koeficient, bilance počítána jako Odsun – Přisun, znaménko „-“ znamená, že bilancovaná látka zůstala v rybníce.

	produkce = vylovené ryby	hnojení (hnůj)	krmení (zrniny)	RKK
<b>Materiál (t)</b>	610	1104	943	1,5
<b>FOSFOR:</b>				<b>Bilance</b>
<b>t</b>	3,26	1,49	3,49	-1,72
<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	8,66	3,95	9,25	-4,55
<b>%</b>				<b>-34</b>
<b>DUSÍK:</b>				<b>Bilance</b>
<b>t</b>	14,46	5,30	18,86	-9,70
<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	38,35	14,06	50,03	-25,74
<b>%</b>				<b>-40</b>

Vidíme, že v Horusickém rybníce byly vstupy P i N hnojením a krmením podstatně vyšší, než kolik se z rybníka odebralo ve vylovené biomase ryb. Vnos P převyšoval o 1,7 t jeho odstranění s výlovkem ryb, přičemž toto číslo v zásadě odpovídalo množství P vneseného s hnojením. Jinými slovy – pokud by rybník nebyl hnojen, přiblížila by se situace tzv. „nulového salda“, kdy veškerý P, který se do rybníka přidá, se při výlovu v rybí biomase zase odstraní. V našem případě 34 % fosforu a 40 % dusíku dodaného při chovu ryb zůstalo v ekosystému rybníka. V „běžném provozu“ rybníka (tab. 3) bychom ale tento přebytek v bilanci rybářského hospodaření nenašli. Projeví se totiž při jiném pohledu.



**Pohled třetí** – celkový je sumárně zachycen v tab. 5. Tabulka nabízí jednak porovnání významnosti jednotlivých látkových vstupů a výstupů a jednak ukazuje, jak celkové zhodnocení funkce rybníka z pohledu transportu a retence živin záleží na tom, které položky zahrneme do výpočtu celkové bilance.

V přísunu látek je zajímavá úloha Bošileckého rybníka. Při jeho výlovu se dostalo do rybníka Horusického během tří až čtyř týdnů 30% všeho fosforu, který přitekla z povodí. Rozpuštěných sloučenin P ale odtud přiteklo pouze 6%, protože v suspenzi, která odtéká během lovení, je prakticky veškerý P vázán na částičky resuspendovaného sedimentu. Proto je tento přísun v první fázi zachycen Horusickým rybníkem ze 100% - navíc se tento vstup odehraje vždy, když je rybník zastaven po výlovu. Je ovšem otázka, jak se přinesené bahno dále chová. S vysokou pravděpodobností podobně nebo spíše lépe než původní bahno v Horusickém (data ale nejsou k dispozici).

Za imponantní můžeme označit vstup látek z chovu ryb (akvakultury): oproti přísunu z povodí, včetně výlovu Bošileckého r., se jedná zhruba o polovinu vstupu N a dokonce o třetinu více P. Je tedy zcela jasné, že hospodaření na rybníce má pro jeho živinový režim zásadní vliv.

Na odtoku látek z Horusického rybníka zaujme, že během strojení odtoklo mírně víc živin než za celé předcházející období (dlouhá doba zdržení vody, tj. velký objem vzhledem k množství přitékající vody) - a při výlovu dokonce více než trojnásobek. Je tedy jasně patrné, že otázka několika dní výlovu je pro celkovou látkovou bilanci rybníka zásadní - proto má velký význam i téma minimalizace úniku resuspendovaných usazenin.

Výstup živin v biomase ryb byl velmi významný zejména u P, kde převýšil celkový odtok, včetně výlovu.

Do látkové bilance můžeme započítat i živiny obsažené v bahně, které bývá odstraňováno z loviště. V případě Horusického rybníka se tak děje pravidelně sacím bagrem v letním období před výlovem. V r. 2017 bylo odstraněno 4123 m<sup>3</sup> bahna (P = 1,8 g na kg sušiny), což odpovídalo ~1,22 t P, tedy zhruba množství, které sem na začátku produkčního cyklu přiteklo při lovení Bošileckého rybníka.

V této souvislosti je třeba zmínit ještě další dva faktory. (1) Vstup bahna z Bošileckého r. by bylo lepší silně omezit vhodnými opatřeními tak, aby se ho do Horusického dostal jen zlomek. Horusický rybník by neměl úplně nahrazovat chybějící opatření výše v povodí. Zachycením bošileckého bahna nad Horusickým rybníkem by se ovšem vypočtená retence P v Horusickém dostala do méně příznivých hodnot. (2) Pokud by nebyl před výlovy těžen sediment z loviště, patrně by rybník při lovení opustila i většina tohoto odtěženého bahna. Tím by došlo ke zřetelnému zhoršení látkové bilance živin, ale také k negativním

vlivům exportovaných nerozpuštěných látek níže v povodí. Proto by zřejmě P odstraněný v odtěženém sedimentu měl být do celkové bilance zahrnut.

**Tab. 5** Horusický rybník – celková látková bilance živin za produkční cyklus 2016-2017. Znaménko „-“ znamená zadržení látek v rybníce. Potenciální retence je teoretická hodnota dle [3]. Blíže viz text.

		N celk	P celk	P rozp	N celk	P celk	P rozp
		t			kg ha <sup>-1</sup>		
PŘÍSUN	Bez výlovu Bošilce	44	2,82	2,12	116,3	7,48	5,63
	Z výlovu Bošilce	5,97	1,19	0,14	15,8	3,15	0,38
	Celkem z povodí	50	4,00	2,27	132	10,6	6,01
	Celkem akvakultura	25,9	5,39		68,7	14,30	
	<b>SUMA</b>	<b>76</b>	<b>9,39</b>		<b>201</b>	<b>24,9</b>	
ODSUN	Bez strojení a výlovu	11,0	0,64	0,13	29,1	1,71	0,35
	Strojení	13,8	0,84	0,09	36,7	2,24	0,25
	Výlov samotný	13,3	2,11	0,02	35,2	5,59	0,06
	Celkem s vodou	38,1	3,59	0,25	101	9,54	0,66
	Celkem akvakultura	14,5	4,00		38,5	10,61	
	<b>SUMA</b>	<b>53</b>	<b>7,59</b>		<b>140</b>	<b>20,1</b>	
	<b>Těžba sedimentu</b>		<b>1,22</b>		<b>3,25</b>		
RETENCE	Bez výlovu Horus. r. a bez akvakultury	-25,0	-2,52		-66	-6,7	
	Bez akvakultury	-11,7	-0,41	-2,02	-31	-1,09	-5,36
	<b>POTENCIÁLNÍ</b>		<b>-2,80</b>			<b>-7,44</b>	
	<b>SUMA</b>	<b>-23,1</b>	<b>-1,80</b>		<b>-61</b>	<b>-4,77</b>	
		%					
	Bez výlovu Horus. r. a bez akvakultury	-50	-63				
	Bez akvakultury	-24	-10	-89			
	<b>POTENCIÁLNÍ</b>		<b>-67</b>				
<b>SUMA</b>	<b>-31</b>	<b>-19</b>					

Retence živin „bez akvakultury“ byla propočtena pouze pro přísun z povodí (a z Bošileckého výlovu) a odtok z rybníka (opět včetně výlovu). Je vidět, že ze živin, které rybníkem protékaly, došlo k zadržení poměrně malého podílu (24 % N a 10 % P). Podle odhadu retence P ve vodních nádržích v závislosti na jejich

době zdržení vody [3] = tzv. retence potenciální, by ale rybník měl zadržet přes 60 % P přicházejícího z povodí. K tomuto číslu se dostaneme, když nezahrneme do kalkulace ani výlov rybníka ani látkové toky spojené s akvakulturou => retence 63 % P. Připomeňme, že nepříznivou bilanci P v rámci akvakultury můžeme připsat na vrub dávce hnoje. Je tedy zřejmé, že na úlohu rybníka jako prvku transformujícího látkové toky živin má zásadní vliv charakter lovení a aplikace hnojiv.

Pro úplnost je v tab. 5 ještě uvedena retence N a P kompletně za všechny vstupy a výstupy, tedy včetně akvakultury. Výsledek ukazuje retenci asi pětiny všeho P a třetiny všeho N, ovšem je třeba zdůraznit, že tento způsob hodnocení látkové bilance je zavádějící, protože nevypovídá nic o tom, jak rybník funguje z pohledu povodí – příznivý efekt rybníka je při takovémto propočtu vždy nadhodnocen.

Horusický rybník je velký vodní útvar, a proto i látkové toky jsou značné. Potenciál zachytit 2,8 t fosforu je pro každé povodí velmi významný, zde například pro Lužnici, která vnáší do nádrže Orlík dlouhodobě velmi vysoké množství fosforu. Potenciál zadržovat fosfor zatím nedokážeme nijak využít, přestože se nabízí tradiční a i perspektivně velmi zajímavá možnost recyklace zachycených živin (+organických látek, Ca, Mg, K) v zemědělství [4].

## 4 ZÁVĚR

Při hodnocení úlohy rybníků v povodích je třeba nejen vycházet z dostatečných podkladů, optimálně z bilančního monitoringu alespoň jednoho produkčního cyklu, včetně výlovu, ale je nutné také zvážit způsob sestavení celkové látkové bilance.

Výsledky získané studiem Horusického rybníka potvrdily dřívější zjištění [1], že (i) lze pro odhad potenciální retence P využít jednoduché závislosti na teoretické době zdržení vody [3] a že (ii) pro hodnocení retence živin v rybnících je třeba použít propočty bez zahrnutí vstupů souvisejících s akvakulturou. Také je zřejmé, že (iii) na charakter látkové bilance má zásadní vliv několik dnů, po které probíhá samotný výlov, a že (iv) aplikace hnojiv je pro účinnou retenci P velmi významným rizikovým faktorem.

Zjištěné skutečnosti upozorňují na velký význam rybníků pro transport živin povodími a na jejich potenciál v oběhové ekonomice, zde při recyklaci živin v krajině cestou aplikace sedimentů na zemědělskou půdu.

## Literatura

- [1] POTUŽÁK, J., DURAS, J., DROZD, B. Mass balance of fishponds: are they sources or sinks of phosphorus? *Aquaculture International*. Published on-line: 08/11/2016. DOI 10.1007/s10499-016-0071-4.
- [2] DURAS, J., POTUŽÁK, J. Látková bilance fosforu v produkčních a rekreačních rybnících. *Vodní hospodářství* 6/2012, str. 14-20.
- [3] HEJZLAR, J., ŠÁMALOVÁ, K., BOERS, P., KRONVANG, B. Modelling phosphorus retention in lakes and reservoirs. *Water Air Soil Pollut Focus* 6 (2006):487–494.
- [4] POTUŽÁK, J., et al. Rybníční sedimenty a nové možnosti recyklace živin a organických látek v zemědělské krajině – příkladová studie rybník Horusický. *Sborník konference Rybníky 2016*, 23.-24. června 2016, Praha, David V. a Davidová T (eds.), str. 174-183.
- [5] ČERMÁK, B. et al. *Krmiva konvenční a ekologická*. Vědecká monografie, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta v Českých Budějovicích, (2008). ISBN 978-80-7394-141-3, 180s.
- [6] ROTHSCHHEIN, J. Kolobeh fosforu a ryby vo vodárenských nádržiah. *Vodní hosp.* B33 (2006), str. 9–13.

### **Poděkování**

Výsledky uvedené v tomto příspěvku byly spolufinancovány projektem TAČR (TA04020123): Technologický postup recyklace živin z rybníčních sedimentů s využitím sacího bagru, integrované stanice pro dávkování flokulantu a geotextilních vaků pro lokální aplikaci v mikropovodí.

# KVALITA RYBNÍČNÍCH SEDIMENTŮ V ZEMĚDĚLSKY VYUŽÍVANÉM POVODÍ

QUALITY OF POND SEDIMENTS IN THE AGRICULTURAL WATERSHED

Štěpán Marval<sup>1,✉</sup>, Jindřich Duras<sup>2</sup>, Michal Marcel<sup>2</sup>, Tomáš  
Hejduk<sup>1</sup>, Pavel NOVÁK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 150 00 Praha 5 –  
Zbraslav

<sup>2</sup>Povodí Vltavy, státní podnik, Holečkova 3178, 150 00 Praha 5 – Smíchov  
✉marval.stepan@vumop.cz

## Abstract

Message text briefly summarizes the problems of sediments and possible solutions for their applications. This paper presents a possible approach to assess the quality of sediment in connection with the application to specific agricultural land. The paper also introduces legislation closely related to the re-application of sediment to the agricultural land fund. The main aim of the article is to evaluate the sediment quality of a specific pond locality and from the point of view of the content of risk elements and substances to determine whether its application could be applied to adjacent agricultural land.

**Keywords:** sediment; erosion; water reservoir; water pollution

## 1 ÚVOD

Ochrana vodních toků a nádrží před zanášením sedimenty je jednou z nejdůležitějších úloh oboru vodního hospodářství. Procesy eroze na intenzivně využívané zemědělské půdě jsou největším producentem sedimentů ve vodních tocích a nádržích, stávají se tak hlavním činitelem pro jeden z největších vodohospodářských problémů, tedy zanášení vodních toků a nádrží [1]. Na území naší republiky je cca 50 % orné půdy ohroženo vodní erozí a přibližně 10 % větrnou. Na převážné ploše erozně ohrožených půd není prováděna systematická ochrana, která by snižovala ztráty půdy na stanovené přípustné hodnoty, tím méně na úroveň, která by bránila dalšímu snižování mocnosti půdního profilu a ovlivňování kvality vod v důsledku pokračujícího procesu eroze [2, 3]. Spolu se sedimenty se do vodních toků a nádrží dostávají živiny ze zemědělských pozemků a rizikové (toxické) prvky a látky (pesticidy a jejich

rezidua), jejichž následnými možnostmi transportu až do lidských organismů se velmi podrobně zabývá [4].

Dalšími faktory zanášení vodních toků a nádrží je nárůst průmyslové produkce a spotřeby domácností v průběhu 20. století vedoucí k výraznému přebytku objemu vod bohatých na živiny vstupujících do vodního prostředí. Část rybníků je silně organicky zatížena a v podstatě fungují jako dočišťovací nádrže pro zdroje organického znečištění v povodí. Ukazatele saprobity (biologického znečištění) často několikrát překračují limity pro povrchové vody a bývají srovnatelné se stabilizačními ("biologickými") rybníky. Intenzivní rozklad lehce rozložitelné organické hmoty za vyšších teplot vede ke zhoršení kyslíkových poměrů (ke kyslíkovému deficitu) a následně k intenzivnímu vyplavování fosforu, klíčové živiny, do povrchových vod [5]. Vstup látek bohatých na fosfor způsobuje ve vodních tocích eutrofizaci, která vzniká při přesycení vodního prostředí minerálními látkami, což má za následek masový nárůst vodní flóry [6]. Po odumření tato flóra klesá ke dnu ve formě jemného organominerálního kalu, zvaného sapropel a vytváří tak až 2 cm sedimentu ročně [7, 8].

Usazování sedimentů ve vodních nádržích má kromě jejich zanášení další negativní důsledky, které jsou spojeny především s otázkami jejich chemického složení a následného vlivu na jakost samotného vodního prostředí a organismy v něm žijící. Sedimenty ve vodních tocích a nádržích obsahují značné množství živin, které je ideální po odbahnění opětovně využít na zemědělských pozemcích. Tomuto řešení však často brání nadlimitní hodnoty rizikových prvků a látek obsažených v sedimentech [9].

## 2 MATERIÁL A METODY

Při posuzování opětovné aplikovatelnosti vytěžených sedimentů je nutné plně respektovat legislativní rámec České republiky týkající se opětovného aplikování sedimentů na zemědělské pozemky. Podle novely č. 223/2015 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, jsou sedimenty brány jako odpad a další využití na zemědělském pozemku je podmíněno zákonem č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů, zákonem o hnojivech č. 156/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů a ustanovenou vyhláškou č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě.

Rozhodujícím faktorem pro možnost využití sedimentů na zemědělských pozemcích je míra kontaminace rizikovými prvky a organickými polutanty. Limitní hodnoty rizikových prvků a látek obsažených ve vytěžených sedimentech a půdách, na které budou sedimenty aplikovány, určuje vyhláška č. 257/2009 Sb. Pro využití sedimentů k aplikaci na zemědělskou půdu je

důležitá také "hnojivá" hodnota sedimentů, tedy podíl organické hmoty, pH a obsah živin.

Látky organické i anorganické povahy jsou poutány především na povrchu nejjemnějších půdních částic smytých z orníční vrstvy zemědělské půdy. Jako vhodný ukazatel pro hodnocení jejich přínosu k zúrodnění půd se jeví přístupný obsah živin, který je používán pro hodnocení úrodnosti v rámci agrochemického zkoušení zemědělských půd, proto je ve vzorcích zjišťována reakce sedimentů (pH/CaCl<sub>2</sub>) a obsah základních živin P, K, Ca a Mg podle Mehlicha III.

## 2.1 Pilotní lokalita

Pilotní lokalita, v podobě dílčího povodí MVN Ždír, se nachází na severní hranici mezi Jihočeským a Středočeským krajem v okrese Písek. Konkrétně se nalézá na území obce Kovářov v katastrálním území Vepice. Jedná se o MVN jejíž plocha povodí se dle manipulačního řádu rozláhá na 1,24 km<sup>2</sup>, přičemž samotná zatopená plocha MVN Ždír je stanovena na 4,3 ha.

Hlavním účelem rybníka Ždír (obr. 1) je vytvoření optimálního vodního režimu v údolní nivě Hrejkovického potoka s akumulací vody 40 000 m<sup>3</sup> při normálním stavu hladiny. Další funkcí MVN Ždír je zpomalení nežádoucího zrychleného odtoku z krajiny a polointenzivní chov ryb.

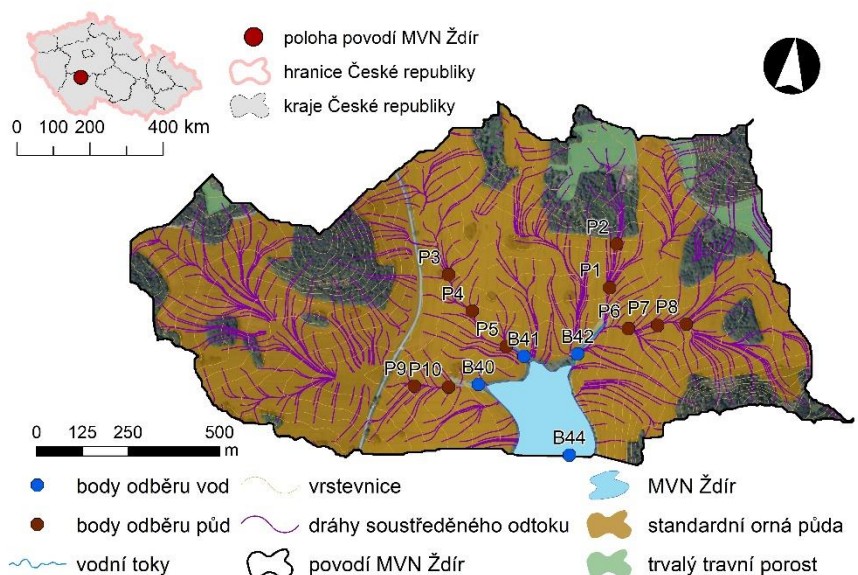


*Obr. 1 MVN Ždír – pohled na západ z průniku levého břehu nádrže a hráze.*

Povodí MVN Ždír je velmi intenzivně zemědělsky využíváno. Orná půda zaujímá 69,8 % území a trvalý travní porost (TTP) se rozprostírá na 3,61 % plochy povodí. Na zbylém území povodí se rozléhají zalesněné pozemky (22,2 %), samotná MVN Ždír (3,8 %) a minimum urbanizovaných ploch (pod 1 %). Dominanci orné půdy v řešené lokalitě je možné vidět na obr. 2. Z obrázku je zcela zřetelné majoritní zastoupení orné půdy, včetně její přítomnosti v absolutní blízkosti břehové linie rybníka Ždír.

## 2.2 Kvalitativní monitoring

Na obr. 3 je dále možné vidět rozložení plošných odvodňovacích systémů, kdy je téměř celá plocha orné půdy odvodněná a drenážní vody jsou hlavním zdrojem vody MVN Ždír. Všechny tři přítoky (bod B40, B41, B42) a hladina (B44) byly do současnosti monitorovány celkem ve třech odběrových termínech a výsledky rozborů vod jsou uvedeny v tab. 1. Dále jsou na obr. 2 prezentována místa odběrů půdních vzorků (P1 – P10). Vzorky půd byly odebrány v místech s vysokým předpokladem erozního smyvu, především v drahách soustředěného odtoku v nejbližším okolí pilotní lokality. Vzorky sedimentu byly odebrány tzv. mokrou cestou gravitačním jádrovým sběračem (corer) při normálním stavu hladiny. Celkový vzorek sedimentu byl odebrán jako směsný, sestávající z 10 podvzorků a je jím prezentováno svrchních 20 cm usazeného sedimentu. Výsledky půdních rozborů a sedimentů jsou uvedeny v tab. 2 a jejich analýza je hlavním předmětem diskuse.



*Obr. 2 Pilotní lokalita povodí MVN Ždír a její základní specifikace.*

## 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Dosažené výsledky kvalitativního monitoringu povodí MVN Ždír jsou uvedeny v tab. 1 a 2. V první tabulce jsou představeny výsledky z jakostního



monitoringu vod z přítoků a hladiny MVN Ždír. Tři kola monitoringu byla uskutečněna v různých obdobích roku, tak aby mohl být sledován dopad zemědělské činnosti na jakost vody. V případě letního odběru (21. 07. 2017) nebyl odebrán vzorek v bodě B41 z důvodu vyschlého přítoku.

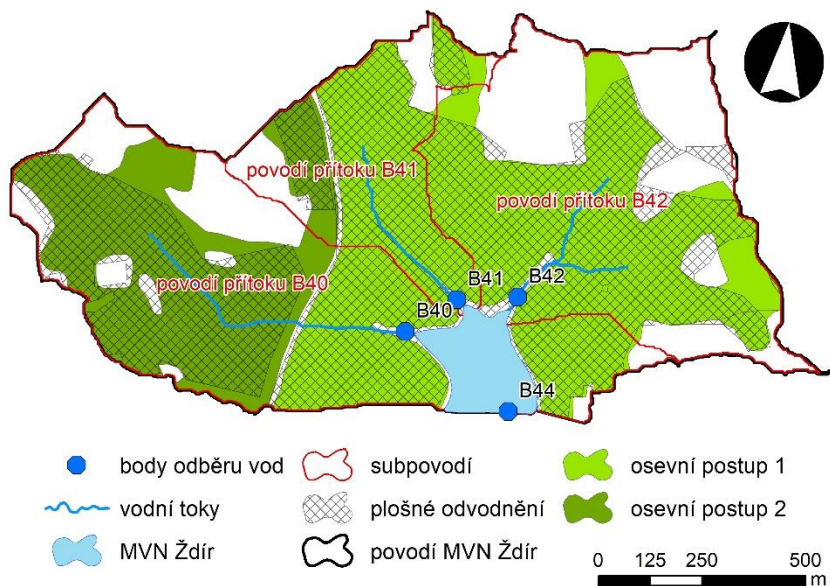
**Tab. 1** Výsledky jakostních rozborů přítoků a hladiny MVN Ždír.

bod odběru	datum odběru	organický dusík	celkový dusík	fosforečnanový fosfor P-PO <sub>4</sub>	celkový fosfor P <sub>celk</sub>	pH
		N <sub>org.</sub>	N <sub>celk</sub>	mg/l		
B40	6. 4. 2018	0,89	0,93	0,02	0,04	6,6
	6. 6. 2017	1,83	1,87	0,00	0,04	7,33
	21. 7. 2017	0,98	1,03	0,05	0,07	7,24
B41	6. 4. 2018	1	1,04	0,02	0,04	6,47
	6. 6. 2017	2,14	2,23	0,00	0,06	7,34
	21. 7. 2017					
B42	6. 4. 2018	1,09	1,13	0,02	0,04	6,96
	6. 6. 2017	2,30	2,34	0,00	0,06	7,30
	21. 7. 2017	1,09	1,14	0,07	0,08	7,48
B44	6. 4. 2018	1,43	1,47	0,02	0,05	8,04
	6. 6. 2017	3,24	3,28	0,00	0,03	7,85
	21. 7. 2017	1,22	1,29	0,05	0,08	7,98

Grafickým podkladem pro navazující analýzu jakosti vody přítoků a hladiny MVN Ždír v průběhu roku je obr. 3. Zde jsou prezentovány údaje o velikosti subpovodí neboli povodí jednotlivých přítoků, rozsah orné půdy, rozsah odvodňovacích systémů a management na orné půdě, což jsou parametry nejzásadněji ovlivňující jakost vody ve vybraném zemědělsky intenzivně využívaném povodí.

Jedním ze zásadních poznatků je téměř nulový výskyt fosforečnanů a tedy i celkového fosforu. Lze tvrdit, že je to dáno především absencí jakékoli rozsáhlé urbanizované plochy a tedy i nulovým vypouštěním odpadních vod do přítoků MVN Ždír. Dalším očekávaným poznatkem je zhoršování jakosti vody v závislosti na termínu odběru vzorku na všech stanovených odběrných bodech u koncentrací dusíku. Na začátku vegetačního období dosahují koncentrace dusíku nejnižších hodnot v důsledku zvýšených průtoků jednotlivých přítoků MVN

Ždír. Nejvyšší koncentrace je naopak možné zaznamenat v rámci druhého odběrového kola, kdy jsou průtoky přítoků již na nízkých stavech, přičemž je ještě dostatečná zásoba dusíku v půdě. Klesající trend koncentrací dusíku je naopak patrný na konci vegetačního období, kdy je již půdní zásoba dusíku spotřebována pěstovaným plodinami.



**Obr. 3** Vymezení subpovodí dle přítoků MVN Ždír.

Posledním zajímavým poznatkem jsou rozdílné koncentrace dusíku na jednotlivých odběrných bodech ve stejný čas. Při odběru z hladiny výsledky vždy dosahovaly nejvyšších koncentrací dusíku, což je zapříčiněno především zdržením vody v MVN a hospodařením na dané lokalitě. Avšak větší zajímavostí je pravidelný nárůst koncentrací od bodu B40 k bodu B42. Proto byla provedena analýza z dostupných datových vrstev.

Základními informacemi vstupujícími do analýzy byla data o velikosti jednotlivých subpovodí, rozsah orné půdy, rozsah odvodňovacích systémů a průměrná sklonitost orné půdy v subpovodí. Z dosažených výsledků analýzy se nedokázala prokázat žádná závislost mezi vstupními daty, která by odpovídala vzrůstající koncentraci dusíku v povrchových vodách od bodu B40 k B42. Při porovnání půdních podmínek jednotlivých subpovodí nebyly zjištěny výrazné odchylky. V řešené lokalitě se nacházejí převážně pseudogleje a kambizemě. V povodí B40 se nalézají významnější oblasti gleje, která neumožňuje infiltraci

povrchových vod, čímž způsobuje smývání živin ve vyšších koncentracích. Tento fakt také odporuje získaným výsledkům rozborů odebraných vzorků, kdy nejnižší koncentrace byly zaznamenány právě v bodě B40.

Důvodem nejnižších zaznamenaných koncentrací dusíku v bodě B40 je tak pravděpodobně rozdílný zemědělský management, kdy na cca 60 % orné půdy (viz obr. 3) v subpovodí bodu B40 a 19 % subpovodí bodu B41 je odlišný osevnický postup, než na zbylé orné půdě v celém povodí [10, 11]. V roce 2017 byl managementem 1 osev řepky olejky a managementem 2 osev kukuřice. Pro podrobnější analýzu, do které by vstupovala data o osevnických postupech a aplikace množství hnojiv není v současné době k dispozici dostatečný rozsah dat, avšak bude velmi zajímavé pokračovat v monitoringu jakosti vod přítoků MVN Ždír a v získávání rozsáhlejších dat o jednotlivých osevnických postupech.

V tabulce druhé jsou uvedeny výsledky rozboru sedimentu a přilehlé zemědělské půdy. Pro prezentaci výsledků byly vybrány parametry základních živin a některých rizikových prvků. Rizikové prvky byly u vzorků půd i sedimentů rozborovány v souladu s vyhláškou č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě, tak aby bylo možné posoudit opětovnou aplikaci sedimentu na přilehlé zemědělské pozemky. Výsledky rozborů zvýrazněné červenou barvou překračují limitní hodnoty rizikových prvků stanovených vyhláškou č. 257/2009 Sb., a tudíž by neumožnily aplikaci sedimentu na tyto konkrétní pozemky.

Při porovnání obsahu přístupných živin, analyzovaných metodou dle Melicha III, mezi vzorkem sedimentu a přilehlých půd bylo dosaženo velmi výrazných rozdílů. Největší rozdíl mezi obsahem živin v půdě a v sedimentu byl zaznamenán u hořčíku (Mg). Rozdíl v obsahu Mg v půdě a v sedimentu je téměř trojnásobný, přičemž celorepublikový průměr obsahu Mg v sedimentech polních rybníků je 349 mg/kg [12], což přibližně odpovídá průměru obsahu hořčíku v okolních půdách MVN Ždír. V případě fosforu (P) bylo dosaženo velmi podobných výsledků jako u Mg, kdy republikový průměr obsahu P v sedimentech polních rybníků (38,0 mg/kg) [12] odpovídá průměrnému obsahu P na okolních pozemcích (37,7 mg/kg) než obsahu detekovaného v sedimentu 117,6 mg/kg. V případě obsahu přístupného draslíku (K) je republikový průměr u polních rybníků nižší o 198 mg/kg [12] než na lokalitě MVN Ždír, avšak o 86 mg/kg vyšší než je průměrná hodnota u odebraných půdních vzorků. Jedinou přístupnou živinou, jejíž obsah v rozborovaném sedimentu dosáhl nižších hodnot než je republikový průměr dle [12] je vápník (Ca), kdy jeho obsah byl nižší o 1564 mg/kg.

Tab. 2 Výsledky rozborů sedimentu a půdy

MVN Ždir	N <sub>tot</sub>	Cox	Ca	Mg	K	P	As	Be	Cd	Co	Cr	
	%		mg/kg									
sediment	0,70	4,50	2267	1115	341	117,60	13,10	2,79	0,89	14,06	126,00	
Body odběru vzorků půd	P1	0,30	2,52	1671	372	169	44,00	14,43	1,49	0,39	11,77	142,10
	P2	0,32	2,58	1778	322	106	22,20	18,14	2,89	0,38	10,89	153,10
	P3	0,25	1,95	1909	489	79	16,40	23,53	1,89	0,38	16,73	108,10
	P4	0,26	2,17	1593	235	105	38,00	17,90	1,18	0,40	9,24	95,70
	P5	0,29	2,42	1944	457	127	45,30	17,09	2,39	0,41	12	121,00
	P6	0,27	2,18	1688	270	115	50,90	18,05	1,09	0,53	9,96	99,70
	P7	0,32	2,43	1983	302	157	60,30	5,76	1,45	0,54	11,53	90,70
	P8	0,18	1,34	1805	165	88	64,90	16,87	0,76	0,42	12,66	89,20
	P9	0,23	1,84	1918	334	95	17,00	30,89	1,04	0,30	12,28	100,30
	P10	0,29	2,41	1650	357	87	18,00	29,80	1,54	0,46	13,26	117

Případné opětovné vrácení sedimentu na přilehlé zemědělské pozemky by zcela jistě ornou půdu živinově obohatilo v závislosti nejen na výsledky přístupných živin, ale i obsahu celkového půdního dusíku N<sub>tot</sub> a půdní organické hmoty C<sub>ox</sub>. V rozborovaném sedimentu nebyl detekován žádný problém nadlimitního obsahu rizikových prvků a látek, jejichž limitní hodnoty jsou stanoveny vyhláškou č. 257/2009 Sb. Tudíž by z pohledu obsahu rizikových látek a prvků bylo možné daný sediment na ornou půdu aplikovat.

Možnost aplikace sedimentu na konkrétní zemědělský pozemek je podmíněna dalšími testy uvedenými ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Jedná se o testy ekotoxikologické (nebyly prováděny) a testy rizikových látek a prvků v půdě, na kterou má být sediment použit. V testech obsahu rizikových látek a prvků okolních zemědělských půd se vyskytl problém ve čtyřech rizikových prvcích. Zejména u chromu (Cr) došlo k překročení limitní hranice (90 mg/kg) v devíti z deseti odebraných vzorků, přitom tato hranice byla překročena až o 63 mg/kg. Nadlimitní obsah arsenu (20 mg/kg) v odebraných vzorcích byl detekován ve třech z deseti vzorků a nejvyšší stanovená hodnota byla 30,89 mg/kg. Indikační hodnota, při jejímž překročení může být ohrožena zdravotní nezávadnost potravin nebo krmiv je pro arsen stanovena dle vyhlášky č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy na 40 mg/kg.

Dalšími rizikovými prvky, které překročily limitní hodnoty, shodně ve dvou vzorcích, jsou beryllium (Be) a kadmium (Cd). V případě Be není míra překročení limitní hranice (2 mg/kg) zanedbatelná, kdy v bodě P2 byla stanovena hodnota Be na 2,89 mg/kg. Zvýšený obsah Be byl také detekován v bodě P5, avšak vzhledem ke vzdálenosti obou bodů bude je těžko nalezena nějaká spojitost. V případě Cd došlo pouze k nepatrnému překročení limitních hodnot a je možné, že při opakování procesu odběru a rozboru půd by hodnoty obsahu Cd klesly pod limitní hranici, kterou stanovuje vyhláška č. 257/2009 Sb. na 0,5 mg/kg.

Z uvedených výsledků vyplývá, že obsah rizikových prvků a látek v usazeném sedimentu MVN Ždír nepřekročil limitní hodnoty stanovené vyhláškou č. 257/2009 Sb. a z tohoto pohledu by sediment mohl být aplikovaný na zemědělskou půdu. Dále je z výsledků patrný živinový potenciál sedimentu, kdy všechny rozborované živinové parametry i několikanásobně překročily průměrné obsahy živin v přilehlých pozemcích.

Výsledky rozborů půd již tak příznivé k opětovné aplikaci sedimentu na přilehlé pozemky nejsou. Odběry půd a následné rozborby by musely být opakovány, avšak zejména rozsah kontaminace Cr případně As je značný a je pravděpodobné, že ani opakování testů kvality půdy by opětovnou aplikaci sedimentu neumožnilo.

Výsledky rozborů povrchových vod dokazují vliv jakosti přítoků MVN Ždír na usazený sediment. Vysoký obsah dusíku v povrchových vodách evidentně zvyšuje obsah dusíku i v sedimentech. Zajímavostí je vysoký obsah fosforu (oproti republikovému průměru) v usazeném sedimentu, i přestože v přítocích byl detekován jen minimálně. Bude zajímavé v monitoringu jakosti přítoků MVN pokračovat a po získání delší řady dat vyhodnotit jakostní proměnlivost v závislosti na osevních postupech a zároveň celkově určit vliv jakosti povrchových vod na kvalitu sedimentu v zemědělsky využívaném povodí.

## 4 ZÁVĚR

Sediment lokality MVN Ždír dosáhl velmi dobrých kvalitativních parametrů a jeho živinový potenciál by zcela jistě přilehlé zemědělské pozemky obohatil. Horší výsledky byly prokázány u některých parametrů definujících kvalitu půdy na daných pozemcích. Stanovená množství vybraných parametrů byla nad limitními hodnotami, které by neumožňovaly aplikovat sediment z MVN Ždír na blízké zemědělské pozemky. Možným řešením by bylo opakování odběru a rozboru půd popř. nalezení jiné blízké lokality, která by již kvalitou orné půdy splňovala podmínky aplikace sedimentu.

Podobný výzkum probíhá i na dalších lokalitách dané oblasti. Vybrané lokality pro řešení výzkumného projektu se nalézají v rámci jednoho povodí IV. řádu, tak aby bylo možné detailně podchytit všechny vstupy do soustavy rybníků. Tyto lokality odpovídají různým typům rybníků (polní, návesní a lesní rybník) a hlavním účelem navazujícího výzkumu bude dané výsledky z různých lokalit porovnat, analyzovat a nalézt souvislosti mezi kvalitou sedimentu, kvalitou půdy, jakostí povrchových vod, využití území, počtem obyvatel, způsobem připojení na kanalizaci apod.

### Literatura

- [1] VRÁNA, K., BERAN, J. *Rybníky a účelové nádrže*. Praha: ČVUT v Praze 2013. ISBN 9788001040027.
- [2] JANEČEK, M. a kol. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: powerprint. 2012. ISBN 9788087415429.
- [3] TERMIER, H. *Erosion and Sedimentation*. London: D. VAN NOSTRAND COMPANY LTD 1963.
- [4] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U. S.) *Bioavailability of contaminants in soils and sediments: processes, tools, and applications*. Washington, D.C.: National Academies Press 2003. ISBN 0309086256.
- [5] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Hospodaření na rybnících*. Eagri.cz, 2005, [online], [cit. 2018-04-25], dostupné z: <[http://eagri.cz/public/web/file/37055/\\_32\\_hospodareni\\_rybniky.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/37055/_32_hospodareni_rybniky.pdf)>.
- [6] KRÁSA, J., ROSENDORF, P., HEJZLAR, J., BOROVEC, J., DOSTÁL, T., DAVID, V., ANSORGE, L., DURAS, J., JANOTOVÁ, B., BAUER, M., DEVÁTÝ, J., STROUHAL, L., VRÁNA, K., FIALA, D. *Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy*. Praha: ČVUT v Praze 2013. ISBN 9788001054284.
- [7] ČISTÝ, M. *Rybníky a malé vodné nádrže II*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislavě 2005. ISBN 8022722944.
- [8] ROTHWELL, R. G. *New techniques in sediment core analysis*. London: Geological Society, 2006. ISBN 1862392102.
- [9] FOUŠOVÁ, E., REIDINGER, J. *Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2015*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2016. ISBN 9788074343193.
- [10] ZAJÍČEK A., KVÍTEK T., DUFFKOVÁ R., TACHECÍ P. *Vliv využití půdy ve zdrojové oblasti na velikost drenážního odtoku*. Vodní hospodářství, 2013.

- [11] ZAJÍČEK A., KVÍTEK T. *Vliv cíleného zatravnění infiltrační oblasti na koncentrace dusičnanů v drenážních vodách*. SOVAK, 2013.
- [12] POLÁKOVÁ, Š., KUBÍK, L., PRÁŠKOVÁ, L., HOUČEK, J., MALÝ, S., FIALA, J., DAŇKOVÁ R. *Kontrola a monitoring cizorodých látek v potravních řetězcích. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně, Zpráva za rok 2017*. eagri.cz, (2017),[online] [cit. 2018-04-22 dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/file/580591/KMCL2017.pdf>>.

***Poděkování***

*Tento příspěvek vznikl za podpory Technologické agentury ČR, projektu číslo TH02030399 „Sledování množství a kvality sedimentů ve vodních tocích a nádržích za účelem snižování znečištění z nebudových zdrojů“.*

# VLIV RYBNÍKŮ NA KVALITU VODY VN JORDÁN V TÁBOŘE

## IMPACT OF FISHPONDS ON WATER QUALITY OF WATER RESERVOIR JORDÁN IN TÁBOR

**Jan POTUŽÁK<sup>1,✉</sup>, Jindřich Duras<sup>1</sup>, Richard Faina<sup>2</sup>, Jan Fišer<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Povodí Vltavy, státní podnik, Holečkova 3178/8, 150 00 Praha 5 - Smíchov*

<sup>2</sup>*ENKI, o.p.s., Dukelská 145, 379 01 Třeboň*

<sup>3</sup>*Městský úřad Tábor, Odbor životního prostředí, Husovo náměstí 2938, 390 02 Tábor 2*

✉ *jan.potuzak@pvl.cz*

### Abstract

The main factor which has been affecting usage of a water reservoir Jordán for water supply and recreational purposes is a high level of eutrophication. Large-scale dredging of sediments was done between years 2011 and 2014. Thereafter a complex monitoring of water quality has been initiated since 2015. Results show that high level of eutrophication still persisted. The major sources of phosphorus are point sources (i.e. municipal wastewaters) and fishponds which are situated in the watershed of Jordán. One solution how to restrict an excessive amount of incoming phosphorus is to build a coagulant dosing station on the main inflow of Jordán and simultaneously reduce phosphorus emissions from the municipal wastewaters and the fishponds.

**Keywords:** water quality, phosphorus, fishponds, watershed

## 1 ÚVOD

Postupná eutrofizace vodních ekosystémů, projevující se zejména od druhé poloviny dvacátého století, neušetřila ani vodní nádrž Jordán v Táboře. Míra eutrofizace této nádrže dosáhla na přelomu milénia velmi vysoké úroveň, což významně omezilo její vodárenské využití. Projevy eutrofizace, zejména pak výskyt hladinových vodních květů sinic, také negativně ovlivnily i vodní rekreaci. Příčinou těchto negativních změn byl nadměrný přísun živin, zejména pak fosforu, z povodí Košínského potoka [1]. Hlavní podíl na celkovém přísunu fosforu z tohoto povodí mají bodové zdroje komunálního znečištění. Rizikové jsou zejména proto, že hlavní část celkového fosforu přicházejícího těmito zdroji, je ve formě fosforečnanového fosforu, který je přímo dostupný pro růst fytoplanktonu (řasy a sinice). Nezanedbatelné množství fosforu se do Košínského potoka dostává také z četných hospodářsky využívaných rybníků



[2]. Ty v průběhu vegetační sezóny generují značnou biomasu fytoplanktonu, ve které je vázáno i významné množství fosforu. Tento fosfor je relativně dobře uvolnitelný (rozklad biomasy) a musíme ho tedy považovat za prakticky stejně rizikový jako je to v případě fosforu pocházejícího z bodových zdrojů znečištění.

V letech 2011 – 2014 proběhlo na nádrži poměrně rozsáhlé odbahnění, v jehož průběhu bylo odstraněno téměř 270 tisíc m<sup>3</sup> sedimentů. Součástí odbahnění byla i výstavba nové spodní výpusti, která kromě regulace hladiny v průběhu povodní, může sloužit i ke zlepšování kyslíkových poměrů v hypolimniu nádrže. Odbahněním došlo i k odstranění nemalého množství fosforu. Nádrž se odbahněním zbavila také části inokula sinic.

Dalším plánovaným opatřením, které by v blízké budoucnosti mělo řešit otázku nadměrného přísunu fosforu z povodí, je vybudování srážecí stanice pro fosfor na hlavním přítoku VN Jordán [3]. Pokud vše půjde hladce, měla by výstavba této stanice být zahájena v roce 2019.

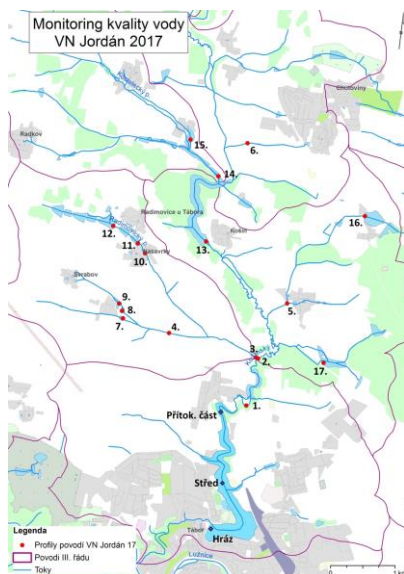
Na otázku, zdali se realizovaná a plánovaná opatření projeví na zlepšování kvality vody, má odpovědět hydrochemický a hydrobiologický monitoring nádrže a jejího blízkého povodí, který provádí od roku 2015 státní podnik Povodí Vltavy. Od roku 2017 je součástí tohoto monitoringu také sledování 11 rybníků, které byly vyhodnoceny jako potenciálně rizikové z pohledu eutrofizace VN Jordán. Hlavním cílem tohoto příspěvku je představit nejdůležitější výsledky získané v průběhu monitoringu těchto rybníků.

## 2 MATERIÁL A METODY

V uplynulých letech probíhaly odběry vzorků na VN Jordán vždy od dubna do listopadu pravidelně ve čtrnáctidenních intervalech. Odběr byl realizován na třech odběrových profilech, v dolní části nádrže v prostoru u hráze a dále pak ve středu nádrže a v přítokové části (obr. 1). V rámci vzorkování bylo na každém odběrovém profilu prováděno zónační měření hlavních fyzikálně-chemických parametrů vody (teplota vody, koncentrace a nasycení vody kyslíkem, konduktivita, pH a oxidoredukční potenciál). Odběr hydrochemických vzorků byl realizován tak, aby reprezentativně postihl vertikální gradient sledovaných parametrů ve výše uvedených odběrových profilech. V průběhu odběrů byla měřena průhlednost vody pomocí Secchiho desky. Hydrochemická analýza byla zaměřena zejména na sloučeniny fosforu, dusíku, železa, nerozpuštěných a organických látek. V rámci monitoringu byla sledována také sezónní dynamika fytoplanktonu a zooplanktonu v epilimnetické části vodního sloupce.

Monitoring blízkého povodí VN Jordán byl zaměřen zejména na vzorkování hlavního přítoku (Košínský potok) nad a pod nádrží Malý Jordán a dále pak na vzorkování dalších významných přítoků (Radimovický, Svrabovský potok a

několik drobných bezejmenných přítoků) v úseku mezi nádrží Malý Jordán a nádrží Košín. Od roku 2017 bylo do monitoringu zařazeno také sledování jedenácti rybníků v povodí Košínského potoka (obr. 1). Monitoring rybníků byl v roce 2017 realizován třikrát během vegetační sezóny (odběr smíšeného vzorku v prostoru u hráze). Rozsah sledovaných parametrů byl zacílen zejména na měření základních fyzikálně-chemických parametrů vody a stanovení obsahu sloučenin fosforu, dusíku, železa, nerozpuštěných a organických látek, chlorofylu<sub>a</sub> a průhlednosti vody. Doplnkově se odebíraly vzorky fytoplanktonu a zooplanktonu. Pro odhad látkových vstupů do VN Jordán byl odběr vzorků doplněn o měření aktuálního průtoku vody přístrojem FlowTracker (SonTek).

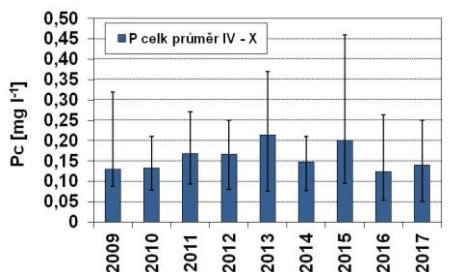


**Obr. 1** Schéma znázorňující umístění odběrových profilů na VN Jordán a jeho povodí v roce 2017. 1. Košínský p. pod VN Malý Jordán, 2. Košínský p. nad VN Malý Jordán, 3. Radimovický p., 4. Svrabovský p., 5. bezejmenný přítok od Stoklasné Lhoty, 6. bezejmenný přítok od Chotovin, 7. Hejlov - Dolní r., 8. Hejlov - Prostřední r., 9. Hejlov - Horní r., 10. Nasavrky - rybník u zastávky, 11. Nasavrky - Dolní r., 12. Nasavrky - Velký r., 13. Košín, 14. Košín 2, 15. Liderovice - Návesní r., 16. Dlážděný r., 17. r. Homolka.

### 3 VÝSLEDKY A DISKUZE

Hlavní riziko pro eutrofizaci VN Jordán představuje přísun fosforu z povodí Košínského potoka. Z porovnání průměrných a maximálních koncentrací

celkového fosforu v Košínském potoce na přítoku do VN Jordán za uplynulých devět let (2009 – 2017) je patrné, že koncentrace se drží na stále velmi vysoké úrovni, která je v průměru zhruba trojnásobně vyšší (cílová průměrná koncentrace  $P_c$  za vegetační sezónu  $<0,020 \text{ mg l}^{-1}$ ), než je z pohledu dobré kvality vody ve VN Jordán přijatelné (obr. 2).



**Obr. 2** Průměrné, minimální a maximální koncentrace celkového fosforu ( $P_c$ ) za vegetační sezónu (duben – říjen) v Košínském potoce na přítoku do VN Jordán za období 2009 – 2017.

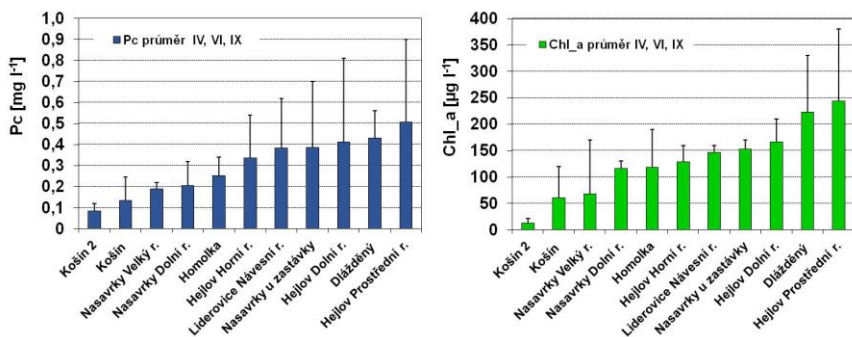
Hlavním zdrojem tohoto fosforu zůstávají komunální odpadní vody. Nemalé riziko však mohou představovat i hojně hospodářsky využívané rybníky.

V povodí první nádrží rybníčního typu je nádrž Malý Jordán. Jedná se o mělkou, průtočnou nádrž (teoretická doba zdržení  $\sim 4\text{--}5$  dní) ležící na hlavním přítoku VN Jordán (Košínský potok). Do konce roku 2014 sloužila tato nádrž k chovu ryb. Hospodařícím subjektem byla společnost ESOX, spol. s r.o. V roce 2015 bylo Radou města Tábor schváleno odkoupení této nádrže s cílem jejího využití pro zlepšování kvality přitékající vody do VN Jordán.

Od roku 2016 je na nádrži Malý Jordán realizován živinově bilanční monitoring s cílem zjistit potenciál této nádrže k zadržování fosforu. Doposud vyhodnocené výsledky ukázaly, že v hydrologických podmínkách roku 2016 (relativně suchý rok s podprůměrnými srážkami) byla tato nádrž schopná zadržet  $\sim 16\%$  celkového fosforu (za období duben – říjen). Ve vztahu k teoretické době zdržení se její potenciální retence však měla pohybovat na úrovni 27 %. Naopak v hydrologických podmínkách roku 2017 (relativně suchá první polovina léta, od srpna intenzivní srážková činnost) vykazala tato nádrž za vegetační sezónu prakticky nulovou retenci celkového fosforu. Z porovnání výsledků získaných v uplynulých dvou letech je tedy zřejmé, že význam této nádrže z pohledu retence P vzrůstá v hydrologicky podprůměrných letech. Nádrž Malý Jordán však i přes případné budoucí snahy o nastolení vhodného „protieutrofizačního“ managementu sama osobě k výraznému snížení vstupu fosforu Košínským potokem do VN Jordán stačit nebude. Role nádrže Malý Jordán bude tedy

zejména v tom, že by v budoucnu měla sloužit jako „záchytné místo“, umožňující sedimentaci částic vyflokulovaného materiálu pocházejícího z procesu srážení fosforu v Košínském potoce.

Kromě Malého Jordánu jsme v roce 2017 v rámci průzkumného monitoringu odzorkovali také 11 vybraných hospodářsky využívaných rybníků v povodí Košínského potoka, o kterých jsme se domnívali, že mohou představovat přímé eutrofizační riziko pro Košínský potok a následně pak pro vlastní VN Jordán. Získané výsledky potvrdily, že většina těchto rybníků se nachází v silně eutrofním až hypetrofním stavu, kdy průměrné koncentrace celkového fosforu výrazně přesahují  $0,2 \text{ mg l}^{-1}$ . Nadměrné množství živin se odráží v celkové biomase fytoplanktonu. Průměrné koncentrace chlorofylu *a* u více než 72 % rybníků přesahovaly  $100 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  (obr. 3). Nejhorší situace panovala na rybnících u obce Hejlov a na rybníce Dlážděný u obce Vrážná. Rybníky u obce Hejlov jsou málo průtočné, organickými látkami a živinami přetížené rybníky, které v případě intenzivní srážkové činnosti (vypláchnutí velkého objemu vody z rybníka) představují nemalé eutrofizační riziko pro VN Jordán. Hlavní míra přetížení je dána zejména vstupem komunálních odpadních vod z obce Hejlov. Tyto rybníky nejsou přímo využívány k produkčnímu chovu ryb. Naopak v pozitivním světle se ukázal vlastní rybník Košín a nad ním ležící rybník Košín 2. Ten vykazoval ze všech sledovaných rybníků v průměru nejnižší koncentrace celkového fosforu i chlorofylu *a* (obr. 3).

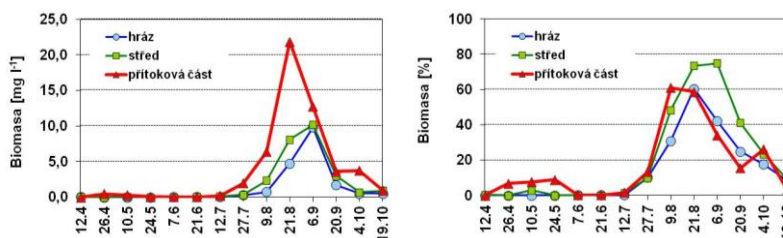


**Obr. 3** Průměrné a maximální koncentrace celkového fosforu (Pc) a chlorofylu *a* (Chl\_a) v rybnících sledovaných v průběhu vegetační sezóny 2017.

Kromě nezanedbatelného množství fosforu představují tyto rybníky také významné inkulum fytoplanktonu pro VN Jordán. Abychom získali alespoň orientační představu o druhovém složení fytoplanktonu ve sledovaných rybnících, bylo v letním a pozdně letním odběrovém termínu ve směsných vzorcích stanoveno procentuální zastoupení biomasy hlavních taxonomických

skupin fytoplanktonu (fluorescenční sonda FluoroProbe (bbe-Moldaenke)). Nejhojnější skupinou fytoplanktonu se ukázaly být zelené řasy. Ty dominovaly na více než 60 % sledovaných rybníků. Sinice a rozsivky byly dominantou shodně na 20 % rybníků.

Získané výsledky potvrdily, že většina vzorkovaných rybníků je rizikových nejen jako potenciální zdroje fosforu, ale obsahují také významné inokulum fytoplanktonu pro níže ležící VN Jordán. Důkazem je situace, která nastala na Košínském rybníce v srpnu 2017. Dne 13. 8. 17 došlo k poruše na výpustním objektu rybníka Košín a následkem toho k nekontrolovatelnému odtoku vody z této nádrže do VN Jordán. Otok vody se podařilo zastavit až 15. 8. 17. Během tří dnů však odteklo z Košína bezmála 400 tis m<sup>3</sup> vody. Na tento neočekávaný přísun vody reagoval provozovatel VN Jordán odpuštěním vody spodní výpustí (cca 1,5 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>). Tento manipulační zásah měl na jednu stranu pozitivní vliv na zlepšení oxidoredukčních podmínek u dna nádrže Jordán. Na druhou stranu však do nádrže přiteklo nemalé množství vody bohaté na fosfor (průměrná koncentrace P celk v epilimniu Košína se v průběhu srpna pohybovala kolem 0,2 mg l<sup>-1</sup>) i na biomasu fytoplanktonu. Z průběhu sezónní dynamiky fytoplanktonu v roce 2017 je patrné, že tato jednorázová „živinová infuze“ výrazně podpořila rozvoj planktonních sinic, které na konci prázdnin tvořily dominantní složku fytoplanktonu v podélném profilu VN Jordán (obr. 4).



**Obr. 4** Sezónní dynamika biomasy planktonních sinic (mg l<sup>-1</sup>) a procentuálního zastoupení planktonních sinic v biomase fytoplanktonu.

## 4 ZÁVĚRY

Rybníky obecně mohou být přínosné z pohledu retence živin, zejména pak fosforu. Pokud jsou však dlouhodobě přetěžovány, dílem ze strany komunálních odpadních vod nebo ze strany neúměrně intenzivního rybářského obhospodařování, chovají se přesně opačně a jsou tím pádem rizikové pro eutrofizaci níže ležících vodních ekosystémů. I přestože řada rybníků v povodí není příliš průtočná, mohou představovat významné riziko pro nádrž Jordán. Jedná se zejména o období intenzivní letní srážkové činnosti, kdy může dojít

k proláchnutí velkého objemu vody těchto rybníků, které jsou v té době bohaté na živiny i na biomasu fytoplanktonu, a tedy ke značné jednorázové dotaci Jordánu živinami využitelnými pro růst řas a sinic. To má za následek zhoršení kvality vody a zhoršení podmínek pro vodní rekreaci.

Výsledky pořízené od roku 2015 potvrzují, že pro zachování dobré kvality vody ve VN Jordán i v budoucích letech je nezbytné výrazně snížit vstup fosforu přítoky. Aktuálně by tento požadavek mělo vyřešit vybudování centrální srážecí stanice pro fosfor umístěné na hlavním přítoku pod hrází rybníka Košín. Důležité bude vyzkoušet a následně navrhnout optimální dávku koagulátu (síran železitý) s ohledem na významné množství fosforu, které se do VN Jordán dostává z výše položených rybníků ve formě partikulované, vázané v biomase fytoplanktonu. Vybudování srážecí stanice však neznamená, že není nutné problematiku rybníků v povodí VN Jordán i nadále řešit. Důležité bude provést zejména revizi stávajícího způsobu rybářského obhospodařování, a to zejména s ohledem na množství aplikovaného organického hnojení. Samostatnou kapitolou je minimalizace odnosu fosforu a nerozpuštěných látek v průběhu výlovů. Důraz by měl být také kladen na omezení rozvoje a následného nekontrolovatelného transportu drobných planktonofágních druhů ryb z výše ležících rybníků, který může zhoršit celkový efekt biomanipulačních opatření, která jsou realizována ve vlastní nádrži Jordán. V posledních letech se ukazuje také jako velký problém šíření a výskyt nepůvodních druhů ryb (např. střevlička východní, sumeček americký) v povodí Košínského potoka.

### Literatura

- [1] HEJZLAR J., BOROVEC J., JAROŠÍK J., RŮŽIČKA M. (2004): *Koloběh živin v eutrofizované nádrži* (Jordán, Jižní Čechy), *Vodní hospodářství* 9/267 – 270.
- [2] FAINA R., BOROVEC J., ŽALOUDEK J., BAXA M. (2009): *Studie řešení hospodaření na rybnících v povodí Jordánu* (2009, ENKI, o.p.s. Třeboň a Biologické centrum AVČR, v.v.i.).
- [3] BOROVEC J. (2015): *Srážecí stanice fosforu na vtoku do VN Jordán v Táboře – technický podklad pro VZ*, 23s.

#### **Poděkování**

*Príspevek byl zpracován s podporou projektu KUS QJ1620395 s názvem "Obnova a výstavba rybníků v lesních porostech jako součást udržitelného hospodaření s vodními zdroji".*

# PROBLEMATIKA VÝSKYTU BOBRŮ NA RYBNÍCÍCH

## THE IMPACT OF BEAVER OCCURRENCE UPON FISHPONDS

Jitka UHLÍKOVÁ<sup>1,✉</sup>

<sup>1</sup>Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Oddělení druhové ochrany živočichů,  
Kaplanova 1931/1, 148 00 Praha 11

✉ [jitka.uhlikova@nature.cz](mailto:jitka.uhlikova@nature.cz)

### Abstract

The beavers have been returning to the territory of the Czech Republic since 70's of the 20<sup>th</sup> century. Because of increasing their abundance, number of human/beaver conflicts is growing. The most serious conflicts are damages caused on fishponds. Beavers destroy fishponds especially by burrowing into pond dams and banks. There are techniques that may be implemented in order to resolve these conflicts. Under specific legal conditions, elimination of beaver settlement is possible, but it is not a permanent solution. The only way to reduce number human/beaver conflicts in future is to apply preventive measures in built or planned water works.

**Keywords:** human/beaver conflicts, fishpond, preventive measures

## 1 ÚVOD

Od 70. let 20. století se na naše území navrácí bobr evropský (*Castor fiber*). Jeho početnost narůstá a aktuálně je odhadována na více než 6000 jedinců. Základní životní projevy bobrů se tak stále častěji dostávají do střetu s hospodářskými zájmy člověka v krajině. Tyto konfliktní situace představují ekonomické škody různého rozsahu. Mezi nejzávažnější konflikty náleží škody působené bobry na vodních nádržích, které mohou mít značný finanční rozsah a současně mohou představovat ohrožení veřejné bezpečnosti či zdraví obyvatel. V dalším textu je pozornost soustředěna na problematiku výskytu bobrů na rybnících. Nicméně základní příčiny vzniku bobřích škod jsou shodné pro všechny vodní nádrže.

## 2 PŘÍČINY VZNIKU ŠKOD NA RYBNÍCÍCH

Z hlediska životních nároků bobrů rybníky poskytují těmto hlodavcům velice vhodné podmínky pro jejich existenci. Bobrům vyhovuje jejich stálý vodní sloupec a pomalé proudění vody.

Bobři jsou výhradní býložravci, kteří se živí bylinami a částmi dřevin (tj. kůrou, lýkem, drobnými větvičkami, listy). Z dřevin bobři potravně preferují vrby a topoly. V jejich potravním spektru se dále nachází převážná většina našich listnatých dřevin např. javory, jasany, duby, břízy, olše, trnky a hlohy. Sporadicky bobři okusují i jehličnany. Dřeviny bobři okusují celoročně, ale ve vegetačním období v jejich potravě převažují byliny. Stromy a keře slouží bobrům také jako stavební materiál.

V břehových porostech našich rybníků, nezřídka na deponiích vzniklých při jejich odbahnňování, se často vyskytují porosty listnatých dřevin, zejména vrb a další náletových dřevin. Rybníky tak poskytují bobrům i dostatečnou potravní nabídku. Tito hlodavci ale osídlují i rybníky se sporadickým výskytem dřevin. Za této situace mají bobři na dané vodní nádrži pouze trvalé sídlo (tj. noru či tzv. polohrad či hrad) a potravně využívají dřeviny v přilehlých částech toku.

Příčinou škod na rybnících jsou základní životní projevy bobrů. Nejzávažnější problém představuje tvorba přechodných úkrytů (tj. nor) a trvalých sídel (tj. nor či tzv. polohradů) v březích a hrázích rybníků a také v březích doprovodných kanálů. Dále se jedná o problémy zapříčiněné stavbou bobřích hrází v doprovodných kanálech, o problémy způsobené ucpáváním výpustného zařízení a bezpečnostního přelivu, o okus dluží či dřevěných požeráků. Ke stavbě hrází, ucpávání výpusti a přelivu, okusu dluží či požeráků nemusí docházet na všech rybnících s bobřím osídlením. Jinak je tomu u tvorby nor. V případě, že se bobr na rybníku dlouhodobě vyskytuje, dojde vždy ke tvorbě úkrytových nor.

V následujícím textu jsou jednotlivé typy škod a jejich negativní důsledky popsány. Z důvodu využívání dřevin bobry může dojít v přilehlém okolí rybníků či v nich samotných k nárůstu množství mrtvého dřeva. Tento doprovodný aspekt bobřích osídlení je některými provozovateli rybníků vnímán negativně. Poněvadž se však nejedná o jev, který by zásadně narušoval provozuschopnost a bezpečnost rybníků, není mu dále v textu věnována pozornost.

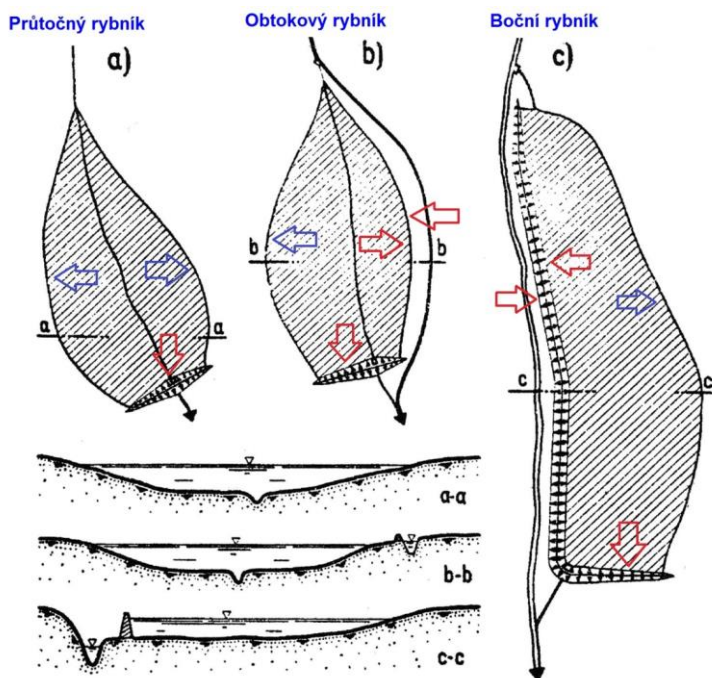
### 2.1 Tvorba bobřích sídel

Na obr. 1 jsou znázorněny typy rybníků dle přívodu vody. Bobr vždy vytváří svá sídla z vodního prostředí a v důsledku odlišné morfologie rybníků tak vznikají různé varianty narušení předmětných vodních děl. Nejzávažnější dopad na stabilitu rybníků mají nory, které se nacházejí v jejich hrázích nebo nory,



kteří jsou hloubeny z obtočné stoky do břehu, který tvoří předěl mezi stokou a rybníkem. V druhém případě tak může dojít k propojení rybníku a stoky. Průměrná šířka nor se pohybuje v rozpětí od 30 do 50 cm.

Hloubením nor může bobr narušit stabilitu rybníků a v důsledku zapříčinit protržení dané vodní nádrže. Tato situace může pod daným vodním dílem způsobit škody na obytné, průmyslové zástavbě, na dopravní síti, škody na životním prostředí. Ve vyhrocených případech může dojít i k ohrožení lidských životů. Současně je také způsobena škoda na daném vodním díle a přítomné rybí obsádky.



**Obr. 1** Typy rybníků dle přívodu vody. Šipkami jsou označeny směry, ze kterých může dojít k narušení hráze či břehů rybníka bobřími norami. Červeně jsou označeny hráze či břehy, jejichž narušení bobřími norami má významně negativní vliv na bezpečnost a provozuschopnost vodního díla. (Zdroj: [1], upraveno)

## 2.2 Stavba hrází

Bobři staví hráze na tocích s nízkým nebo kolísavým průtokem. Stavbou hrází bobři dosahují snížení rychlosti proudění vody, zvýšení úrovně vodní

hladiny a zvětšení vodní plochy při vybřežení toku. Tím si tyto hlodavci zajišťují bezpečné ukrytí vchodů do svých obydlí pod vodní hladinou, možnost rychlého úniku v případě ohrožení, vhodné podmínky pro pohyb i potápění se a méně namáhavý transport stavebního materiálu a potravy. Zaplavením okolních porostů získávají bobří bezpečný přístup k novým zdrojům potravy. Minimální výška vodního sloupce nutná pro uspokojení životních potřeb bobrů je dle zkušeností a zahraničních publikací 70 - 80 cm [2] [3]. K výstavbě i opravě hrází dochází v průběhu celého roku. Intenzita stavebních prací i oprav závisí na účelu dané hráze (tj. zda má hráz zajistit bezpečný přístup do bobřích obydlí nebo jen usnadnit přístup k potravě) a na ročním období. Obecně je stavební intenzita zesílena na konci léta a na podzim, kdy se bobří připravují na příchod pro ně nepříznivého období roku – zimy. Potřebou bobrů je zachování hrází především pro období měsíce října až konce února. V tomto období tak lze očekávat brzké (tj. i do druhého dne) obnovení narušených hrází. Se stavbou a opravami hrází souvisí i zvýšené množství kácení dřevin. Bobří ke stavbě hrází používají pouze dřeviny čerstvě pokácené. Dřevo z vyhrnuté nebo rozplavené hráze zpravidla znovu nepoužívají.

Stavba hrází v přítokových, odtokových či obtokových kanálech může negativně ovlivnit vodní režim v dotčených rybnících a to zejména v obdobích se srážkovým deficitem a dále může omezovat možnost manipulace s úrovní vodní hladiny.

### **2.3 Ucpání výpustného zařízení**

Výpustné zařízení je na některých lokalitách záměrně ucpáváno bobry pomocí větví, kamenů, vegetace a bláta. Touto činností se bobří snaží zabránit odtoku vody z místa jejich výskytu. Na některých lokalitách také může dojít k okusu dluží či zničení dřevěných požeráků.

Ucpáním výpustí dojde k znemožnění manipulace s výškou vodní hladiny a je významně narušena provozuschopnost vodního díla. Čištění ucpaných výpustí a to zejména těch spodních je velice náročná činnost, kdy k opětovnému ucpání tohoto zařízení činností bobrů může dojít ve velice brzké době, a to i do druhého dne.

### **2.4 Ucpání bezpečnostního přelivu stavbou hráze**

Bezpečnostní přeliv je na některých lokalitách záměrně ucpáván bobry pomocí větví, kamenů, vegetace a bláta či přímo stavbou hráze. Touto činností se bobří snaží zabránit odtoku vody z místa jejich výskytu. Ucpáním přelivu dojde k narušení provozuschopnosti a bezpečnosti vodního díla. Po vyčištění přelivu může dojít k jeho ucpání ve velice krátké době, i do druhého dne.

### **3 PŘEDCHÁZENÍ A SNIŽOVÁNÍ ROZSAHU ŠKOD PŮSOBENÝCH BOBREM NA VODNÍCH NÁDRŽÍCH**

#### **3.1 Opatření pro předcházení a snižování rozsahu škod**

Výše uvedeným škodám je možné v různé míře předcházet či snižovat jejich rozsah pomocí zejména technických opatření. Tato opatření se liší finanční náročností a i očekávanou účinností. V následujícím textu jsou tato opatření velice stručně shrnuta. Detaily k jednotlivým opatřením jsou uvedeny v publikaci Průvodce v soužití s bobrem [4]. Tato publikace je volně dostupná ke stažení na internetových stránkách Programu péče o bobra evropského v ČR, [www.zachranneprogramy.cz](http://www.zachranneprogramy.cz).

Dále je zde nutné zmínit, že časově omezené vypuštění rybníka není trvalým řešením k zamezení vzniku škod. Po vypuštění vodní nádrže se bobří přesunou do jiné části svého teritoria, kterého je předmětný rybník součástí. Po napuštění vodní nádrže ji bobří velice rychle opětovně osídlí.

#### **3.2 Opatření proti tvorbě bobřích sídel**

K zabránění tvorbě nor či polohradů je nutná mechanická ochrana rizikových míst. Tato ochrana spočívá v aplikaci těžkého kamenného pohozu nebo rovnániny či v aplikaci kamenného pohozu menší frakce v kombinaci s pletivem. Jedná se o finančně velice nákladná opatření, která jsou v případě zabezpečení hráze či břehu spjata s rekonstrukcí dané vodní nádrže.

#### **3.3 Opatření zabraňující či omezující vliv hrází**

Možným opatřením je odstranění bobřích hrází. Efektivnost tohoto opatření je omezená, neboť hráze mohou být bobry velice rychle, i do druhého dne, obnoveny. Jiným opatřením je drénování bobřích hrází. Toto opatření však bude účinné pouze na některých lokalitách. Stejně je tomu tak u dalších opatření, které mohou zabránit stavbě hráze, ale nelze u nich obecně očekávat 100% účinnost na všech lokalitách.

#### **3.4 Opatření proti ucpávání výpustného zařízení**

Opatření, které zabraňuje ucpání výpustného zařízení, je tzv. klamač (z angl. „beaver deceiver“). Jedná se o specifické oplocení výpusti rybníka, které musí být přizpůsobeno parametrům daného rybníka a musí být navrženo osobou znalou chování bobrů.

### 3.5 Opatření proti ucpání bezpečnostního přelivu

Ochrana bezpečnostního přelivu je podobná jako zařízení bránící úniku ryb z rybníka – tzv. brlení. Jedná se o předsunutou česlovou stěnu. Zde je opět nutné ochranu konstruovat dle parametrů dané vodní nádrže.

### 3.6 Finanční rámec opatření

Z výše uvedeného přehledu opatření pro řešení škod na vodních nádržích vyplývá, že jejich realizace je podmíněna finančními prostředky. Přičemž opatření pro řešení nejzávažnějšího problému, tj. tvorby nor, jsou finančně nejnáročnější a plošná rekonstrukce rybníků není většinou v ekonomických možnostech jejich majitelů.

Z hlediska dostupných dotačních titulů je možné, na preventivní opatření proti vzniku škod či na nápravu škod způsobených bobrem evropským, získat finanční podporu z Operačního programu Životní prostředí. Konkrétně, ve stávajícím programovém období 2014–2020, se jedná o dotaci v rámci:

- Prioritní osa 4: Ochrana a péče o přírodu a krajinu
- Cíl 4.2: Posílit biodiverzitu
- Aktivita 4.2.4: Předcházení, minimalizace a náprava škod způsobených zvláště chráněnými druhy živočichů na majetku

Avšak v rámci tohoto dotačního titulu platí pro subjekty podnikající v oblasti rybolovu a akvakultury (tj. podnikající v produkčním rybářství) omezení výše poskytnutých prostředků v podobě tzv. pravidla „de minimis“. To znamená, že jednomu subjektu podnikajícímu v produkčním rybářství může být poskytnuta finanční podpora v maximální výši 30 000 eur a to za tři po sobě jdoucí účetní období. Vzhledem k finanční náročnosti zabezpečení rybníků je tato částka pro opravu a rekonstrukci více vodních nádrží ve vlastnictví jednoho subjektu nedostačující.

## 4 PROGRAM PÉČE O BOBRA EVROPSKÉHO V ČR

### 4.1 Zákonná ochrana bobra evropského

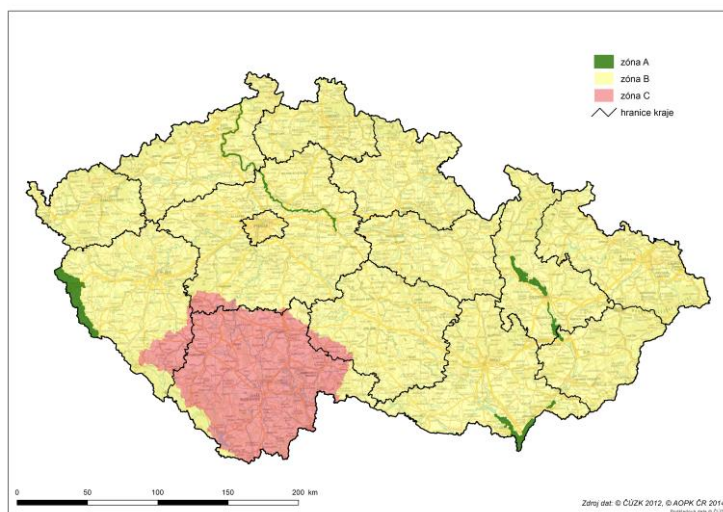
Bobr evropský je ve vazbě na předpisy EU a mezinárodní úmluvy chráněn na území většiny evropských států. Úmluva o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť (tzv. Bernská úmluva) jej přílohou 3 řadí mezi chráněné druhy. Dále je tento druh chráněný v

rámci Evropské unie na základě Směrnice 92/43/EHS, o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (tzv. „směrnice o stanovištích“). V rámci této směrnice je bobr zařazen do přílohy II, tj. mezi druhy vyžadující vymezení zvláštních území ochrany v rámci soustavy Natura 2000. Dále je bobr řazen do přílohy IV, tj. mezi druhy vyžadující přísnou ochranu na celém území členských států. Požadavek přílohy IV směrnice o stanovištích, tj. přísné ochrany tohoto druhu, reflektuje v naší legislativě zařazení bobra mezi zvláště chráněné druhy živočichů v kategorii „silně ohrožený“ (příloha 3 vyhlášky č. 395/1992 Sb., v platném znění).

## 4.2 Program péče o bobra evropského

Program péče o bobra evropského v ČR (dále jen „Program péče“) je koncepcí managementu populace bobra evropského, kterou schválilo MŽP a jejíž realizací je pověřena AOPK ČR. Implementace Programu péče probíhá od roku 2013. Hlavním cílem této koncepce je zabezpečit na území ČR dlouhodobou a trvale udržitelnou a socioekonomicky akceptovatelnou populaci bobra evropského. Základním konceptem Programu péče je zonace diferencované ochrany bobra (obr. 2), která spočívá ve vymezení tří zón (A, B, C) na našem území. V těchto zónách se rozlišuje míra zájmu na ochraně druhu na jedné straně a koncentrace rizika vzniku závažných škod na straně druhé. Dlouhodobá existence bobra na území ČR by měla být zajištěna především na základě ochrany populací v územích tzv. zóny A, tj. celorepublikové sítě území, která jsou schopna zajistit životaschopnou, na imigraci nezávislou, populaci. Zóna A je převážně tvořena evropsky významnými lokalitami, ve kterých je bobr evropský předmětem ochrany. Konfliktní situace jsou v této zóně posuzovány a řešeny individuálně. Zóna C je svým zaměřením protikladem zóny A a byla vymezena po detailní analýze území ČR. V její jádrové části se nachází jihočeské rybníční soustavy. Z tohoto důvodu je zde riziko vzniku bobřích škod celorepublikové závažnosti. Hlavní záměr zde spočívá v zamezení vzniku trvalého plošného osídlení pomocí cíleného odlovu přítomných bobrů. Na zbývajícím území ČR, tj. vně zón A a C, se nachází zóna B. V této zóně je při managementu populace bobra evropského postupováno tak, aby aktivity bobrů nebyly hlavní příčinou zamezení lidské činnosti v krajině. Praktický management druhu je zde založen na kombinaci technických opatření a na eliminaci jedinců na lokalitách, kde hrozí závažné škody či ohrožení obyvatel nebo tam, kde technická opatření nelze aplikovat. Další informace k Programu péče a jeho znění je dostupné na internetových stránkách [www.zachranneprogramy.cz](http://www.zachranneprogramy.cz).

Jak je uvedeno výše, eliminace bobřího osídlení je možným přístupem ke snížení rozsahu škod působených bobry na rybnících. Nicméně při jejím povolení a realizaci je nutné dodržet jak podmínky dané zákony č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění a č. 449/2001 Sb., o myslivosti, v platném znění, tak i požadavek směrnice o stanovištích. Tento požadavek spočívá v zachování naší bobří populace v tzv. příznivém stavu z hlediska ochrany. Dále je zde nutné zdůraznit, že eliminace bobřího osídlení není trvalým řešením konfliktních situací způsobených bobry. Nachází-li se rybník s vhodnou biotopou nabídkou v oblasti bobry plošně osídlené, lze po provedené eliminaci do roka či dvou očekávat jeho opětovné osídlení „novými“ bobry. Také je zde nutné zmínit tu skutečnost, že mezi myslivci není motivace k odlovu bobrů.



*Obr. 2 Zonace diferencované ochrany vymezená v rámci Programu péče o bobra evropského v ČR*

## 5 PLÁNOVÁNÍ NOVÝCH RYBNÍKŮ A OSTATNÍCH VODNÍCH NÁDRŽÍ

Bobří se po mnoha letech znovu navracají do České republiky. Poněvadž ČR není dosud bobry osídlena celoplošně, lze v příštích letech čekat šíření tohoto druhu do dosud neosídlených oblastí. Z důvodu předcházení konfliktům na celém našem území je žádoucí při plánování nových staveb a činností již aplikovat taková opatření, která by zamezila nebo alespoň minimalizovala konflikty vyvolané nežádoucí bobří činností.

Proto je nutné při plánování v podstatě jakékoliv činnosti, která by se v budoucnu mohla dostat s aktivitami bobra do konfliktu, byl vzat v úvahu možný výskyt bobra na dané lokalitě. Preventivní aplikace opatření bude v budoucnu výrazně snižovat rizika vzniku konfliktních situací.

Při plánování a výstavbě vodních nádrží v oblastech s výskytem bobrů či v oblastech kde se bobr ještě nevyskytuje, avšak lze jeho výskyt očekávat (naprostá většina území ČR), je doporučováno [4]:

- opevnit návodní líc hráze tak, aby zde bobr nemohl hrabat nory. Doporučuje se použít kamennou rovinaninu nebo těžký kamenný pohoz, a to v celé délce svahu návodního líce hráze. Alternativně je možno návodní líc hráze chránit pletivem umístěným pod šterkový pohoz. Norma ČSN 75 2410 pro malé vodní nádrže doporučuje provést opevnění od koruny hráze alespoň 0,8 m pod úroveň hladiny stálého nadržení. V místech s možností výskytu bobra doporučujeme opevnit celou výšku hráze.

- v případě kaskádovitě uspořádaných vodních nádrží, kdy je zatopena i vzdušná pata hráze vzdušným níže ležící nádrže je nezbytné chránit proti hrabání i vzdušný líc hráze.

- ve specifických případech (např. boční nádrže, průtočná nádrž s obtokovým kanálem) je nutné chránit proti hrabání všechna zemní tělesa, která jsou v přímém kontaktu s vodou, tedy i boční hráze. U bočních nádrží, či průtočných nádrží s obtokovým kanálem je nutno zamezit prohrabání boční hráze mezi nádrží a tokem či břehu mezi nádrží a obtočným kanálem.

- těžkým kamenným pohozem či kamennou rovinaninou nebo šterkovým pohozem v kombinaci s pletivem nebo samotným pletivem zakrytým zeminou je možno chránit i ty části břehů (nikoliv jen hráze), kde je silně pravděpodobná nežádoucí aktivita bobra.

Objekty na vodních nádržích by měly být navrženy typově tak, aby je bobr nemohl poškodit:

- bezpečnostní přeliv by měl mít ostrou (úzkou) a zaoblenou přelivnou hranu a měl by být typu kašnový nebo boční, případně sružený;

- vypouštěcí zařízení by mělo být uzavřené – požerák s vícedlužovými stěnami nebo šoupě, aby se bobr nedostal k otevřené šachtě. Ve dně a na objektu by měla být osazena příprava na montáž ochranné klece, tzv. klamače bobrů. Při volbě materiálu je v těchto případech preferován beton.

## 6 ZÁVĚR

Cílem tohoto článku je upozornit na problematiku výskytu bobrů na rybnících. Se zvyšující se početností bobří populace je možné očekávat nárůst

škod působených tímto druhem na vodních nádržích. Jedinou cestou, jak v budoucnosti snížit četnost těchto konfliktních situací, je aplikovat vhodná technická opatření při rekonstrukcích rybníků nebo optimálně již při jejich výstavbě.

### Literatura

- [1] Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. <http://hgf10.vsb.cz>: Skripta Ekologické aspekty technické hydrobiologie [online]. ©2006. [Cit. 27. 4. 2018]. Dostupné z: [http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni\\_lenticky/technicka\\_zarizeni.htm](http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/technicka_zarizeni.htm)
- [2] Hartman G. & Törnlov S. (2006): *Influence of watercourse depth and width on dam-building behaviour by Eurasian beaver (Castor fiber)*. Journal of Zoology 268: 127-131.
- [3] Schwab G. (2014): *Handbuch für den Biberberater*. Bund Naturschutz in Bayern, 240pp.
- [4] Vorel A. & Korbelová J., eds. (2016): *Průvodce v soužití s bobrem*. ČZU v Praze, Praha. Pp. 1-129.



# MANIPULACE S VODNÍ HLADINOU RYBNÍKŮ

## POND WATER LEVEL CONTROL

**Ján REGENDA<sup>1,✉</sup>, Pavel Hartman**

*<sup>1</sup>Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury a ochrany vod, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice  
✉ regenda@frov.jcu.cz*

### Abstract

In the Czech Republic, the management of ponds is regulated by several laws including water law, fisheries law and nature and landscape conservation law. Retention of waters in ponds shall be carried out in accordance with approved retention regulations. When retaining water in the pond, it is necessary to take into consideration the amount of the water available in the catchment area of the pond, the technical condition of the pond and the type of pond outlet. From the fishing point of view, however, the overall organization of fish farming is also important. A key factor for the different ways of filling and draining the ponds is the age-class of stocked fish. This fact influences the terms and ways of filling the pond respectively and deserve more attention during the pond harvesting time. When breeding carp fry and fingerlings, it is necessary to gradually fill the pond in May in order to allow the growth of a suitable size of natural food. Market-size fish and stocks are mostly harvest in autumn whereas fingerlings and stocks are harvested in spring. In some cases there is a need for water handling in a pond to cope with nature conservation concerns (wetland vegetation, amphibians, and birds).

**Keywords:** pond, pond water level control, filling of ponds, draining of ponds

## 1 ÚVOD

Vodní zákon č. 254/01 Sb. v ustanovení § 55 odst. 1, definuje, že „vodní díla jsou stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod“ [1]. Této definici odpovídá rovněž rybník, který je však zákonem o rybářství č. 99/2004 Sb. v § 2, písm. c) definován jako vodní dílo „které je vodní nádrží určenou především k chovu ryb, ve kterém lze regulovat vodní hladinu, včetně možností jeho

vypuštění a slovení; rybník je tvořen hrází, nádrží a dalšími technickými zařízeními,“ [2]. K provádění chovu ryb v rybnících je potřebné s ohledem na vodní zákon mít platné „povolení nakládání s vodami“. Toto povolení se obvykle vyřizuje na účely uvedené v § 8, odst. 1, písm. a), tedy: k odběru povrchových vod (bod 1.), k jejich vzdouvání, případně akumulaci (bod 2.) a k užívání těchto vod pro chov ryb nebo vodní drůbeže, popřípadě jiných vodních živočichů, za účelem podnikání (bod 4.), resp. k jinému nakládání s nimi (zájmový chov ryb – nepodnikatelský, bod 5.) [1]. V rámci rybníkářství je s ohledem na technologii chovu ryb nezbytné provádět výlov ryb „hromadně účinnou metodou lovu“ (§ 3, odst. 2, zákona č 99/2004 Sb.), kterou přesněji definuje vyhláška č. 197/200 Sb. v § 1 [3]. V ustanovení § 1 odst. 2 vyhlášky č. 197/2004 Sb. je mezi povolenými metodami lovu uveden lov prováděný prostřednictvím manipulace s vodou, v rámci kterého je obsádka ryb v rybníce shromažďována do prostoru loviště. S ohledem na chovný cyklus ryb je prováděn výlov rybníka obvykle každoročně („jednohorkový rybník“), případně po dvou letech („dvouhorkový rybník“). V některých případech je však výlov rybníka prováděn časněji (malé plůdkové výtažníky, manipulační rybníky), resp. v delších intervalech (rybářský revír, technické problémy, různé služebnosti). Manipulovat s vodní hladinou je možné podle § 59 odst. 1, písm. a) vodního zákona jen v souladu se schváleným „manipulačním řádem“ daného rybníka (soustavy rybníků) [1]. Problematiku chovu ryb a provozu vodních děl – rybníků rovněž výrazně ovlivňuje zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny [4]. Ten řadí rybník „ze zákona“, coby stavbu – dílo lidských rukou, mezi významný krajinný prvek (§ 3, odst. 1, písm. b)), kde jsou jinak uvedeny různé cenné přírodní fenomény (např. les, jezera, rašelinště, vodní toky, údolní nivy). Z toho následně plynou možná omezení s ohledem na § 4, odst. 2. Další omezení v manipulaci s vodní hladinou v rybnících mohou generovat střety a požadavky s ustanoveními věnující se druhové ochraně (§ 48–51), resp. územní ochraně (§ 14–45i) [4]. Některá rozhodnutí, povolení, výjimky a souhlasná stanoviska státních orgánů jsou ve své platnosti časově omezena. Prakticky jakákoli větší změna v rybníku (např. výměna výpusti) vede k potřebě následné úpravy řady dokumentů. Uvedení rybníka do právního stavu, a jeho legální provozování je tedy spojeno s poměrně rozsáhlou administrací.

## 2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ MANIPULACI S VODNÍ HLADINOU

Možnosti manipulace s vodou v rybnících jsou ovlivněny vedle legislativy rovněž řadou dalších faktorů. Kromě věkové kategorie a druhu chované ryby, zootechnických opatření jsou to především otázky dostupnosti vody (její množství a zdroj) a technické aspekty daného rybníka.

## 2.1 Charakter povodí

Pro manipulaci s vodou v rybníku je často klíčová skutečnost, jak velké, a na vodu bohaté povodí nad profilem daného rybníka se nachází. Množství vody kromě velikosti povodí ovlivňuje i jeho charakter a svažitost terénu. Tedy zda v něm převažuje les, travní porosty, orná půda nebo zastavěné plochy. Respektive zda je reliéf terénu plochý nebo více či méně skloněný (vliv na odtokový součinitel). Na základě těchto skutečností plyne předpoklad, zda je v povodí rybníka dostatek vody v průběhu celého roku (rozsáhle lesy, pastviny), nebo jen v nějakém omezeném období, např. zima a jarní tání (orná půda, zastavěné plochy).

## 2.2 Zdroj vody pro rybník

Způsob umístění rybníka v rámci povodí výrazně ovlivňuje rovněž jeho hlavní zdroj vody. Z tohoto hlediska je možné rybníky rozdělit do několika skupin [5, 6]:

- **Nebeský rybník:** jedná se o rybníky napájené srážkovou vodou (děšť a sníh) – „z nebe“. Tyto rybníky se nacházejí obvykle v horní části povodí a na začátku rybníční soustavy. Mají čistou „panenskou“ vodu bez původců nemocí a parazitů. Obvykle se nasazují plůdkem a násadou. Loví se zásadně na podzim a nejsou vhodné ke komorování (přezimování) ryb. Hlavní zdroj vody pro ně představují zimní a jarní srážky. V létě mohou trpět nedostatkem vody díky vysokému odparu. Snadno proto „vyrůstají z vody“. Mohou být rovněž ohroženy přívaly vody při intenzivních srážkách.

- **Průtočný rybník:** je typicky postaven vodním toku. Doba zdržení vody je menší než 20 dní. Mají obvykle dostatek vody po celý rok. Patří mezi dobré komory a dají se lovit kdykoli (podzim / jaro), často jsou využívány ke „služebnostem“ (zdroj energie). Jejich nevýhodou je průběžné vyplachování živin a hydrobiontů. Stálý průtok vody rovněž ochlazuje vodní masy a zvyšuje riziko proniknutí nežádoucích ryb a nemocí z povodí. Tyto rybníky obvykle trpí na zabahňování. Nedostatky těchto rybníků lze zmírnit vybudováním kapacitní obtokové (obvodové) stoky.

- **Boční / náhonový rybník:** je možné z rybářského hlediska považovat za ideální řešení. Jsou postaveny mimo vodní tok a voda je k nim přiváděná systémem stok a náhonů. Mají obvykle dostatek vody a mohou se lovit kdykoli. Bývají dobrými komorami. Nejsou ohrožovány povodněmi a jejich zabahňování je méně intenzivní. Na druhou stranu je budování systému stok a jeho udržování ve funkčním stavu dosti nákladné.

- **Rybník v soustavě:** je často zdrojem vody pro níže položené rybníky. Obvykle se jedná o bezpečný zdroj vody (pokud není sucho). Tyto rybníky bývají dobrými komorami a dají se lovit jak na podzim, tak i na jaře. Určitou jejich nevýhodou je omezení v organizaci plánu výlovu, které by mělo respektovat praxi lovení rybníční soustavy od spodu nahoru z důvodu opakovaného využití vypouštěné vody. Při povodni rovněž hrozí vyšší průtoky vody a riziko vnikaní nežádoucích ryb, resp. nemocí z povodí.

- **Pramenný rybník:** tento málo se vyskytující zdroj vody představuje přítomnost vydatného zdroje podzemní vody – pramene, který vyvěrá přímo ze dna rybníku, nebo v jeho těsné blízkosti. Tyto rybníky mají obvykle dostatek vody. Jsou vhodné ke komorování. Jejich voda je však chudá na živiny a kyslík a naopak bohatá na minerály (např. železo). V mokrém období mohou být hůře dolovitelné, resp. nevyupustitelné.

### 2.3 Typy výpustního zařízení

Možnosti manipulace s vodou výrazným způsobem ovlivňuje rovněž typ výpustního zařízení. Některé typy výpustních zařízení neumožňují měnit výšku vodní hladiny dle potřeby a zabezpečovat minimální zůstatkový průtok. V ČR se můžeme na rybnících setkat nejčastěji s těmito typy výpustí:

- **Čap:** je historický typ výpusti používaný na malých, ale i poměrně rozsáhlých rybnících. Je postaven ze dřeva. Pracuje v režimu teče/neteče. Po zastavení rybníku dochází k postupnému napouštění vody. Výšku vodní hladiny ovlivňuje pouze intenzita napouštění, resp. vydatnost přítoku. Po naplnění rybníka na provozní hladinu odtéká z něho přebytečná voda pouze bezpečnostním přelivem. Po zahájení vypouštění rybníku již není možné jej bezpečně zastavit. Čap se usazuje ručně do „oka roury“ na sucho a utěšňuje se pomocí povřísel z ostřice, zkušenými baštyři.

- **Lopata:** je opět historický typ výpusti. V minulosti byla konstruována ze dřeva. Dnes se používá kombinace betonové hlavy a dřevěné nebo ocelové (litinové) těsnící desky. Obvykle pracuje rovněž v režimu teče/neteče. Těsnící deska bývá uložena šikmě z důvodu rozložení tlaku vody na větší plochu. Díky tomu je ovládání lopaty táhlem snazší. Po povytažení lopaty je její opětovné zasunutí velmi obtížné. Ovládání táhlem totiž neumožňuje vyvinout potřebnou sílu směrem dolů proti tlaku vody a případným nečistotám v drážkách.

- **Šoupě:** jako typ lopatové výpustě je dnes používáno převážně u velkých rybníků. Umožňuje převádět větší objem vody. Obvykle se jedná o svisle uloženou litinovou desku v drážkách. Její pohyb je ovládán často pomocí zvedacího mechanismu s ozubenými koly a převodovkou. Na velkých

rybnících, např. Rožmberku může být tento mechanismus motorizován (elektromotorem). Průměr výpustné roury (trouby) u šoupat může být až 80–100 cm.

- **Požerák (kbel, mnich):** je moderní typ výpustného zařízení, který se začal prosazovat na konci 19. st. Je vhodný zejména pro menší rybníky, kde nahrazuje čapy, až na středně velké rybníky (cca 50 ha). Výška vodní hladiny je určována výškou dluží vystavěných v drážkách. Požerák umožňuje udržovat výšku vody v rybníce dle potřeby a je možné přes něj pouštět minimální zůstatkový průtok. Víceřadý otevřený/polootevřený požerák umožňuje odpouštět jak horní (teplou) vodu, tak dolní (studenou, bezkyslíkatou) vodu. Použití požeráku je však problematické u vysokých hrází a tam kde je potřeba manipulovat velké objemy vody. Rovněž je snadno obsluhovatelný pro nepovolané osoby.

- **Stavidlo:** se používá od nepaměti pro manipulaci s vodou zejména na nádržích sloužících coby zdroj vodní energie (mlýny, hamry, pily apod.). Jeho hlavní výhodou je schopnost převádět tělesem hráze velké objemy vody. Často je kombinováno s bezpečnostním přelivem. Nicméně velký stavební otvor v hrázi je vystavován tlaku vodních mas. To klade velké nároky na správné stavební provedení stavidla a následnou péči o něj. Jedná se o poměrně nákladné řešení vhodné pro nižší hráze. Umožňuje však částečně regulovat výšku hladiny a odtok vody z rybníka.

## 2.4 Technický stav rybníku

I když vodní zákon [1] klade provozovatelům vodní děl za povinnost jej udržovat v řádném stavu (§ 59), technický stav některých rybníků není dobrý. Ne každý vlastník či provozovatel rybníku je ekonomicky dostatečně silný, aby provedl v krátkém čase veškeré opravy. Problematická je zejména péče o malé rybníky, zvláště u malých vlastníků, ze kterých je ekonomický přínos velmi nízký. Návratnost větší investice (např. výměna roury a výpusti) je u malého rybníku v řádu desítek let. Proto jsou některé rybníky provozovány delší dobu s určitými technikami hendikepy.

Častým problémem je propadení, nebo vyhnití původní dřevěné roury (trouby). Tato skutečnost následně omezuje odtok vody z rybníku, resp. jej i znemožňuje. Rybník je vypouštěn velmi pomalu nebo vůbec (slouží pak jako rybářský revír). Druhým problémem bývá zanedbaná infrastruktura napájecích stok. Nečištěné a neudržované stoky přivádí do rybníka nedostatečné množství vody. V důsledku toho je pak udržení rybníka na provozní hladině velmi obtížné. Čištění stok naráží obvykle kromě finanční náročnosti ještě na problémy se zpřístupněním dotčených pozemků jejími vlastníky či uživateli (nutnost vjezdu

mechanizace). Samostatnou kapitolu pak představují poruchy v tělese hráze. K nim dochází z různých důvodů. Nejčastější je průsak hráze způsobený norami některých vodních savců (vydra říční, bobr evropský nebo ondatra pižmová). K jejich objevení dochází zejména po povodních, kdy dojde díky zvýšení tlaku vody a protlačení oslabeného těsnicího jádra. Podobné problémy způsobují rovněž vyhnílé kořeny měkký dřevin (např. topol) rostoucí na hrázi. Nebo vývraty mělce kořenicích stromů, např. smrku. Při průsaku hráze je nutné rychlé snížení vodní hladiny až na bezpečnou úroveň (zastavení průsaku), v krajním případě jeho úplné vypuštění a slovení obsádky ryb.

## 2.5 Meliorační opatření

Do manipulace s vodní hladinou rybníků vstupují rovněž meliorační, tedy zúrodňující opatření prováděné v rybníkářství. Řadíme sem především zimování a letnění [6, 7].

### 2.5.1 Zimování

Zimování je ponechání rybníka bez vody v průběhu zimního období. Po podzimním výlovu není rybník zastaven a jeho dno je postupně vysušeno. Při zimování dochází díky mrazu k rozpraskání (roztrhání) rybničního dna. Tím dochází k přirozenému ozdravení (zahubení parazitů a nežádoucích ryb) a zúrodnění dna rybníku. Výhodou zimování je skutečnost, že nedochází ke ztrátě přírůstků ryb ve vegetačním období. Zimování však není možné u nebeských rybníků a všude tam kde je nedostatek vody pro opětovné napuštění rybníku v jarních měsících. Problematické je rovněž zimování dvouhorkových rybníků. Je-li dno rybníka únosné pro mechanizaci, je vhodné provést jeho kultivaci zemědělskými stroji. Rovněž je vhodné zimovaný rybník povápnit. Pro nedostatek vody v povodí je však stále častěji v rybářském provozu upouštěno i od zimování. Zimované rybníky se zastavují v únoru až březnu tak, aby měly dostatek vody při vysazování ryb z jarních výlovů (březen, duben).

### 2.5.2 Letnění

Letnění je naopak ponechání rybníka bez vody v průběhu vegetačního období. Do poloviny 20. st. se letnění jako meliorační opatření používalo pravidelně. Ztráta produkce ryb byla takřka vždy částečně kompenzována rostlinnou výrobou na dně rybníka. V současnosti se **úplné letnění** rybníků provádí zcela výjimečně. Důvodem je ekonomická ztráta produkce ryb. K úplnému letnění se nyní přistupuje pouze v kombinaci s větší opravou rybníka a jeho odbahněním. Mnohem obvyklejší je částečné a zkrácené letnění. **Zkrácené letnění** (jednotky týdnů) se používá zejména u plůdkových výtažníků

před vysazením váčkového plůdku ryb. Někdy bývá doplněno o osetí dna – zelené hnojení. Díky tomu dochází k mnohem lepšímu využití autochtonních živin nacházejících se v rybníce. Takovýto rybník je následně pomalu napouštěn. Rostlinná hmota postupně odumírá a uvolňuje živiny v ideálním poměru. **Částečné letnění** je prováděno na některých rybnících tak, že část rybničního dna (mělké litorály) je ponechána bez vody. Dochází k tomu obvykle u větších dvouhorkových rybníků, které zcela nenatečou v průběhu prvního horka (roku).

### 3 ZÁKLADNÍ MANIPULACE S VODNÍ HLADINOU

Manipulace s vodou v rybníce je z rybářského hlediska vedena vždy dvěma základními motivy. První představují zootechnické aspekty a potřeby chovu ryb. Druhým faktorem jsou možnosti povodí, resp. dostupnost vody pro napájení rybníků v průběhu roku.

#### 3.1 Napouštění rybníků

Napouštění rybníků probíhá různým způsobem s ohledem na charakter povodí rybníku a věkovou kategorii chované ryby. Z rybářského hlediska je preferovaná vždy situace, mít „vodu v ruce“. Tedy mít možnost napouštět vodu do rybníku kdykoli je potřeba. Realita je ale protikladná. V posledních letech je v naší krajině citelný nedostatek vody. Řada rybníků je proto s ohledem na šetření s vodou zastavována ihned po výlovu a to i bez úplného doložení.

##### 3.1.1 Plůdkové výtažníky

Velmi specifické je napuštění „plůdkových výtažníků“, rybníků využívaných k chovu plůdku kapra (ale i dalších druhů ryb)  $K_0 \rightarrow K_1$ . Váčkový plůdek kapra ( $K_0$ ) se vysazuje v (dubnu) květu až do poloviny června. Jeho velikost je cca 6 mm a hmotnost kolem 1,5 mg. Takto drobná rybička vyžaduje potravu velmi malé velikosti. Jsou to především vířníci (Rotifera), kteří mu velikostně plně vyhovují. Díky svému rychlému vývojovému cyklu se snadno namnoží již za několik dní. To je důvod proč jsou plůdkové výtažníky po jejich jarním výlovu nechány několik týdnů bez vody „na suchu“ (dezinfekce dna vyschnutím) a napouštěny až cca 7 dní před plánovaným vysazením  $K_0$ . Tato manipulace s vodní hladinou zabezpečuje ideální potravní i životní podmínky pro  $K_0$ . Dřívější zastavení rybníku není žádoucí. Delší doba znamená více času pro rozvoj větší druhů zooplanktonu (buchanek, perlooček), které jsou pro svojí velikost (2–5 mm) pro  $K_0$  potravně nedostupné. Za určitých okolností může rovněž dojít k výskytu dravých forem buchanek, které jsou schopny svojí predací  $K_0$  fyzicky zlikvidovat. Vysazování  $K_0$  do plných rybníků je málo efektivní a

riskantní. Doba napouštění plůdkových, ale také násadových výtažníků je obvykle závislá na zdroji vody výše v povodí a na potravní spotřebě obsádky dané přežitím a jejím růstem. Jelikož je odchov plůdku kapra klíčovým faktorem pro další produkci ryb, je správná manipulace s vodou nesmírně důležitá [7].

### 3.1.2 Výtažníky a hlavní rybníky

Napouštění výtažníků a hlavních rybníků již není omezováno technologií chovu tak jako odchov plůdku. Zde je naopak snahou rybníky co nejrychleji napustit a umožnit optimální rozvoj zooplanktonu před nasazením obsádky ryb. Rybníky s nedostatkem vody se zastavují co nejdříve po jejich výlovu. Tam kde je dostatek vody v povodí (rybníky v soustavě, průtočné, boční) je vhodné doporučit zimování. K opětovnému zastavení a zahájení napouštění rybníku dochází od konce února (snaha zachytit jarní sněhové vody).

Důvodem pro postupné napouštění rybníků, a to jak výtažníků, tak i hlavních rybníků je někdy zájem na zabezpečení správné kvality vody a dostatku živin pro růst a welfare ryb. Postupné napouštění rybníků ve vegetační sezóně je obvykle provázené rozvojem vlhkomilné vegetace v rybniční kotlině, či je dokonce záměrně ovlivněné výsevem zemědělských plodin (obilí, bílé hořčice, luštěniny = zelené hnojení), tím dochází k využití živin z rybničního dna a zpevnění povrchového substrátu kotliny kořenovými systémy. Při postupném zatápění dochází rozkladem rostlin k uvolnění živin do vodního prostředí a CO<sub>2</sub> (posílení uhlíkato-vápenaté rovnováhy), včetně efektu prohřívání vody v okrajích rybníků.

### 3.1.3 Komory

Jako komorové rybníky označujeme ty rybníky, které slouží k přechovávání ryb přes zimní období. Mezi hlavní požadavky na komorové rybníky patří bezpečný (neznečištěný) a přiměřený zdroj přítokové vody, který zajistí optimální kyslíkový režim. Rybníky vhodné ke komorování jsou po podzimním výlovu opět zastaveny a co nejdříve napuštěny. Následně je do nich vysazena obsádka ryb určená ke komorování. Někteří chovatelé řeší podzimní přetlak ryb na trhu komorováním a jejich následným prodejem v jarních měsících, kdy je na trhu ryb spíše nedostatek a snadněji a lépe se prodávají. Jako komory slouží i dvouhorkové rybníky. V obecné rovině je v provozu stále patrný nedostatek dobrých komor.

## 3.2 Vypouštění rybníků

Pravidelné vypouštění rybníků patří k základním operacím rybničního managementu. Opětovné nasazování vhodné obsádky ryb umožňuje efektivní



využití dostupné produkce rybníčního ekosystému. Vypouštění rybníků a jejich výlovy se provádějí z důvodu welfare ryb primárně v chladnější části roku na podzim a jaře.

Příprava vypouštění a výlovu rybníků klade na rybníkáře vždy velké organizační nároky. U větších rybářských podniků jsou proto v předstihu připravovány „plány výlovů“. Vypouštění rybníků se musí provádět v souladu s platným manipulačním řádem a dalšími omezeními uloženými ze strany orgánů státní správy. Při určení termínu výlovu je nutné předem zohlednit celou řadu faktorů, jakými jsou: teplota vody, počasí, termín výlovu níže a výše položeného rybníku, doba stečení rybníka, odbytové možnosti (sádkovací kapacity), doprava (zabezpečení dostatku aut), personál, další služebnosti rybníka apod. Při vypouštění rybníku je důležité především kontinuální vypouštění vody do stanoveného termínu výlovu. Strojič musí udržovat rybník neustále „v tahu“, aby si ryba nevytloukla lože, ale postupně scházela s vodou. Při tom musí zohledňovat aktuální teplotu vody, vývoj počasí (nebezpečné je sluníčko na mělké vodě), nadměrný přítok ze srážek apod. Předpokládá se, že v období pozdnějšího podzimu je pohybová pasivita ryb usměrněna tak, že „ryba schází do loviště“, aniž by měla tendenci zůstávat ve stokách či terénních prohlubeninách. Doba stečení velkých rybníků se počítá na týdny. Tak např. rybník Žár na Novohradsku bývá vypouštěn od 28. 9. (sv. Václava) do začátku listopadu.

### 3.2.1 Podzimní výlovy

Podzimní výlovy představují hlavní a tradiční sezónu výlovu rybníků. K prvním výlovům, zejména menších rybníků, dochází již od poloviny září. Jedná se převážně o lehkou tržní rybu určenou na export (Německo, Polsko), případně plůdek ( $K_1$ ) přesazován do komor. Hlavní sezóna výlovů však začíná s ohledem na welfare ryb až po určitém ochlazení od poloviny října do poloviny listopadu. Loví se ryby, které dosáhly tržní velikosti, případně násady ( $K_2$ ,  $K_3$ ) určené na podej, nebo nasazení do uvolněných hlavních rybníků. Na podzim je nutné slovit rovněž ty rybníky, ve kterých není bezpečné komorování a nebeské rybníky, u nichž není záruka, že natečou po jarním výlovu na úroveň hospodářské hladiny. Teplota vody v průběhu sezóny postupně klesá. Kritickým bodem může být výraznější, byť krátkodobé ochlazení na začátku listopadu. Lovení zamrzlých rybníků je obtížné. Podzimní výlovy obvykle nepředstavují problém z pohledu ochrany přírody. Po výlovu jsou rybníky obvykle opět zastaveny a postupně napouštěny, což je vlastně horší varianta managementu hospodaření (bez „zimování“ a „odpočinku rybníka“) na rozdíl od rybníků, u nichž je „voda v ruce“, resp. je možné je napustit až na jaře. Díky zimování dojde k vymrznutí dna, „ozdravení“ bahna oxyličením, uvolnění živin a zlepšení jeho úrodnosti. S

ohledem na nedostatek vody v krajině, a téměř obligátní systém dvouhorkového hospodaření je od zimování rybníků v posledních letech často upouštěno.

### 3.2.2 Jarní výlovy

Druhým tradičním obdobím výlovů rybníků je jaro. K vypouštění a lovení komor se přistupuje záhy po roztání ledu. Počet lovených rybníků je ve srovnání s podzimem menší. První se loví obvykle jarní tržní ryba v hlavních rybnících. Následuje výlov násad ( $K_2$  a  $K_3$ ) z výtažníků, které jsou vysazovány do slovených hlavních rybníků, nebo prodány mimo firmu. Nakonec, se loví plůdkové výtažníky, ze kterých je plůdek kapra ( $K_1$ ) vysazován do uvolněných výtažníků (násadových). Ty se poté ponechají prázdné (na sucho) až do doby cca 7 dní před jejich opětovným nasazením váčkovým plůdkem kapra ( $K_0$ ) obvykle v 2. polovině května. Jarní výlovy jsou často velmi dynamické. Motivací je snaha rybářů vylovit rybníky co nejdříve z důvodu zachycení dostatku vody pro jejich opětovné napuštění. Nicméně u zvláště vodnatých průtočných rybníků dochází k jejich jarnímu výlovu až v druhé polovině dubna po odtečení větších jarních vod. Teprve poté je možné rybníky vypustit.

### 3.2.3 Kvalita vody při vypouštění rybníků

Podle dosavadních výzkumů odtéká z rybníků při jejich vypouštění voda o kvalitě odpovídající jejímu biologickému oživení z předcházející vegetační sezóny, které je přirozeně utlumeno pokročilostí podzimu – chladnému až mrazivému počasí a krátkím se dnům, tedy odtéká voda poměrně čistá. Zahájením výlovu, vstupem lovců do loviště, však dochází k víření sedimentů a zatížení vody především suspendovanými látkami. Technologií výlovu, použitím různých typů sítí, je možné významně pozitivně tuto realitu ovlivnit. V současné době jsou ověřovány způsoby či projekty k zadržení suspendovaných látek (sedimentů) v odpadních stokách rybníků s možností jejich opětovného využití ke zúrodnění rybníční kotliny [8].

## 3.3 Běžný provoz a mimořádné události

Po zastavení je rybník obvykle postupně napouštěn s ohledem na možnosti (vodnatost) jeho povodí. Po dosažení provozní hladiny (stálého nadržení) je napouštění rybníka zastaveno, resp. výrazně omezeno jen na úroveň potřebnou pro doplnění ztrát (nepřůtočný rybník). U průtočných rybníků přebytečná voda volně odtéká bezpečnostním přelivem. V létě, kdy dochází k omezení přítoku vody z povodí, dochází k postupnému zapadání vodní hladiny denně až o 1 cm i více. Ve vegetačním období je proto potřeba počítat s potřebou vody na doplňování ztrát odparem, transpirací a průsakem na úrovni  $1-1,5 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$  [7].

Při extrémním nedostatku vody dochází k postupnému vyschnutí rybníku. Ten se s ohledem na klesající objem vody a rostoucí biomasu ryb projevuje jako silně přesazený. V této situaci je vhodné přistoupit k odlovení části obsádky prubním plotem „na plně vodě“, resp. v extrémním případě i k úplnému vylovení rybníku. Tento výlov je organizován tak, aby vypouštění zbytku vody probíhalo přes noc a samotný výlov ryb se provedl co nejrychleji v brzkých ranních hodinách (za svítání). Takovýto rybník je buď opět zastaven anebo po zbytek vegetačního období letněn.

Druhý extrém představují povodně. U rybníků na kterých hrozí destrukce hráze, je někdy nutné přistoupit k řízenému a kontrolovanému vypuštění vody. Prokopání hráze je vhodné z bezpečnostních důvodů provádět vždy na jejím okraji při zavázání do rostlého terénu. Pokud hrozí nekontrolované přelití koruny hráze je možné případné škody minimalizovat natažením velké fólie / plachty od návodní strany hráze (zde zatížit ještě v prostoru „klidné vody“), přes její korunu až za patu vzdušné strany hráze (aspoň 1–2 m). Voda protékající přes hráz se bezpečně sklouzne po plachtě a její kinetický potenciál nebude využit k rozebrání a destrukci paty vzdušné strany hráze.

### 3.4 Speciální objekty rybníčního typu

Vedle klasických větších rybníků je možné se v provozu setkat i s několika typy menších nádrží rybníčního typu. Manipulace s vodou v nich bývá v porovnání s rybníky odlišná, mnohem častější. Tyto objekty se vyznačují vesměs vydatnějším a bezpečným zdrojem vody, resp. několika různými zdroji (např. rybník – předeřhříváč a vodní tok/náhon). Díky tomu je možné je rychle napustit podle potřeby. Obvykle jsou osazeny požerákovou výpustí, která je kapacitně naddimenzovaná a umožňuje rovněž rychlé vypuštění nádrže. Poměrně běžné jsou **manipulační rybníky** a **zemní sádky**, které slouží k sádkování ryb, případně k poloumělému výtěru některých ryb nebo odchov rychleného plůdku (např. candát, síhové, lín a býložravé ryby). Sádkování ryb v nich probíhá podle potřeby v řádu dnů (vhodné zejména pro rybu z letních odchyťů), týdnů (podzimní výlovy), případně i měsíců (komorování z podzimních výlovů do jara). Případný odchov plůdku různých druhů ryb probíhá v řádu několika týdnů až měsíců a to i opakovaně (např.  $\text{Š}_0 \rightarrow \text{Š}_r$ , poté  $\text{Ca}_{j_0} \rightarrow \text{Ca}_r$ , pak  $\text{L}_0 + \text{Ab}_0 \rightarrow \text{L}_r + \text{Ab}_r$ ). Jejich velikost je v řádu stovek čtverečných metrů. Možnost vypuštění a napuštění je žádoucí do 30 min, max. 1–2 hodiny. Za jednoúčelové je možné naopak označit **příkopové rybníčky**, které slouží prakticky výhradně k odchovu raných stádií ryb (typicky: štika, ostroretka, parma, podoustev, lipan). Lovení obsádky probíhá do bedny – jímky v podhrází. Jejich velkou výhodou je velký břehový koeficient a tedy dostatek úkrytu. Na druhou stranu jejich údržba,

zejména sečení velmi náročná. Pro intenzivnější produkci plůdku kapra, resp. jeho bezpečné komorování byly v minulosti postaveny soustavy **plůdkových komor**. Jedná se o malé rybníčky s bezpečným zdrojem vody a technickým vybavením pro koupele ryb při nasazení a lovení do odlovných jímek pod hrázi. Tyto rybníčky byly zastavovány a nasazovány  $K_1$  na konci září, resp. začátkem října. Výlov plůdku probíhal na jaře v dubnu. V průběhu vegetačního období byly plůdkové komory ze zooveterinárních důvodů na suchu, nebo byly požitý jako plůdkové výtažníky k produkci raných stádií ryb (např. býložravých ryb a lína). Na některých lokalitách vznikaly v minulosti rovněž malé **soustavy plůdkových výtažníků**, které se specializují na produkci rychlených stádií ryb. U všech výše uvedených zařízeních je manipulace s vodou podřízená potřebám technologie chovu ryb [7].

## 4 STŘETÝ S POŽADAVKY OCHRANY PŘÍRODY

Rybníky tvoří v naší krajině poslední rozsáhlejší mokřadní biotopy. Proto je na ně navázán výskyt celé řady chráněných druhů rostlin a živočichů [9]. Kromě intenzity chovu ryb může na některé skupiny negativně působit rovněž nevhodná manipulace s vodou.

- **Vegetace obnaženého dna:** vyžaduje jednou za několik let v jarních měsících zkrácené, nebo alespoň částečné letnění po dobu 6 až 8 týdnů. V průběhu tohoto krátkého období rostliny vykvetou a vytvoří semena (např. puchýřka útlá *Coleanthus subtilis*). Poté vyžadují opětovné zaplavení a tím i ochranu před jinými druhy, které k tvorbě semen potřebují delší období. Tyto požadavky typově naplňují především plůdkové výtažníky [10].

- **Korýši a měkkýši:** jsou relativně málo pohyblivé skupiny velkých bezobratlých živočichů (např. rak říční *Astacus astacus*, škeble rybníčná *Anodonta cygnea*). Pro ně je problematické především vypouštění rybníků spojené s výlovem. Spatně snášejí delší období bez vody, i když část populace je schopna přežít také zimování. Rybníky s jejich výskytem musí být alespoň z části napuštěny co nejdříve po výlovu. Vhodnější jsou proto jarní termíny výlovu, kdy je v povodí k dispozici více vody. Vyhovují jim proto komory a dvouhorkové rybníky.

- **Obojživelníci:** jsou navázány na rybníky především svou reprodukcí. V brzkém jaru po odtání sněhu migrují do rybníku za účelem páření a kladení snůšek. Jarními výlovy rybníků jsou nejčastěji zasaženi: ropucha obecná (*Bufo bufo*), blatnice skvrnitá (*Pelobates fuscus*), skokan hnědý (*Rana temporaria*), skokan ostronosý (*Rana arvalis*) a další, tedy zejména durhy, které se rozmnožují jako první (březen/duben) [11]. Hrozí zde především likvidace

snůšek z důvodu jejich vyschnutí (možný je jejich transfer). Sporné může být rovněž letnění rybníku z důvodu reprodukční vázanosti dospělců na rodnou lokalitu. Někdy je problematický rovněž podzemní výlov a zimování rybníka, které zasáhne do zimoviště obojživelníků. Samostatným problémem jsou výlovy plůdkových výtažníků a příkopových rybníků s rychlým plůdkem ryb v červnu a červenci. Masivní výskyt pulců unikajících s vodou může výrazně omezit průběh samotného výlovu (ucpávání mříží) a následné třídění ryb (velikost ryb a pulců je podobná). O fatálních důsledcích pro pulce nemluvě. Na těchto lokalitách je proto vhodné buď zamezit rozmnožování obojživelníků, nebo provést transfer snůšek. Další možností je upravit organizaci chov ryb tak, aby k výlovu rybníka došlo až po metamorfóze pulců.

- **Vodní ptactvo:** vyžaduje především stabilní hladinu vody v době hnízdění, aby nedošlo k zaplavení hnízda s vejci. Tomuto požadavku není možné vždy vyhovět zejména s ohledem na technické vybavení rybníku (jen požerák a šoupě umožňuje regulovat odtok a výšku vodní hladiny) a zdroj vody, resp. přítok.

## 5 ZÁVĚR

- Problematika manipulace s vodou v rybníce je regulována přímo i nepřímo několika právními předpisy a musí pobíhat v souladu se schváleným manipulačním řádem.
- Příprava plánu výlovu rybníků je ovlivňována řadou faktorů: polohou rybníka v soustavě, dobou stečení, vývojem počasí, odbytem ryb, sádkovací kapacitou, dopravou apod.
- O způsobu manipulace s vodou v rybníce rozhodují rovněž větší faktory, jakými jsou: velikost a charakter povodí, resp. jeho vodnatost, hlavní zdroj vody a typ výpustného zařízení.
- V rámci chovu ryb je specifickým problémem odchov plůdku (nejen  $K_0$ ), který je technologicky postaven na zkráceném letnění plůdkových výtažníků a jejich následném postupném napouštění (květen a červen). Důvodem je vytvoření optimálních potravních a životních podmínek.
- Sucho a nedostatek vody v naší krajině nutí rybáře zastavovat rybníky co nejdříve po jejich výlovu. To vede k omezení zimování rybníků.
- Jarní výlovy (zejména násad a plůdku) jsou nutné z důvodu potřeby nasazení rybníků bez obsádky po předchozím výlovu.
- Potřeby chovu ryb a požadavky ochrany přírody jsou v některých situacích protichůdné.

## Literatura

- [1] Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- [2] Zákon č. 99/2004 Sb. o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a změně některých zákonů (zákon o rybářství)
- [3] Vyhláška č. 197/2004 Sb. k provedení zákona č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství)
- [4] Zákon č. 114/1992 Sb. ve znění zákona č. 218/2004 Sb. o ochraně přírody a krajiny.
- [5] ŠEDIVÝ, František. Technické meliorace, hrazení bystřin a stavba rybníků. Praha: SNTL. 1955. 341 s.
- [6] ČSN 46 6800 *Rybářství Termíny, definice a značky* Praha: Vydavatelství ÚNM. 1997. 40 s.
- [7] HARTMAN, Pavel., REGENDA, Ján. Praktika v rybníkářství, JČU v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. 1. Vydání 2014, 375 s. ISBN 978-80-7514-009-8.
- [8] REGENDA, Ján., HARTMAN, Pavel., RUTEGWA, Marcellin., KUTÝ, Michal. Kontrola úniku sedimentů při výloveh rybničníků, možnosti jejich zadržení a recyklace. In: V. David a T. Davidová (Editor), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybničky 2017“. 15. a 16. 6. 2017. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů. 2017. Praha: s. 132–143. ISBN 978-80-01-06166-4. ISSN 2570-5075
- [9] ČÍŽKOVÁ, Hana., VLASÁKOVÁ, Libuše., KVĚT, Jan. (eds.) Mokřady: Ekologie, ochrana a udržitelné využívání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 2017. České Budějovice. 630 str. ISBN: 978-80-7394-658-6.
- [10] ŠUMBEROVÁ, Kateřina., DUCHÁČEK, Michal. Křehká víla z bahna rybníků – puchýřka útlá. Živa (6). 2013. s. 265–271.
- [11] ZAVADIL, Vít., SÁDLO, Jiří., VOJAR, Jiří., (eds.). Biotopy našich obojživelníků a jejich management. METODIKA AOPK ČR, Praha 2011, 178 s. ISBN 978-80-87457-18-4

### **Poděkování**

*Výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT v rámci projektů „CENAKVA“ (CZ.1.05/2.1.00/01.0024), „CENAKVA II“ (LO1205 v rámci programu NPU I).*

**BEZPEČNOSTNÍ PŘELIVY – ROZDÍLNÉ ZPŮSOBY  
TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ A JEJICH VLIV NA CELKOVOU  
EKONOMIKU VÝSTAVBY MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ  
SPILLWAYS – DIFFERENT METHODS OF TECHNICAL PROPOSALS AND  
THEIR IMPACT ON THE TOTAL BUILDING ECONOMY OF SMALL WATER  
RESERVOIRS**

**David VESELÝ<sup>1</sup>,<sup>✉</sup>**

*<sup>1</sup>Lesy České republiky, s. p., Odbor vodního hospodářství, Přemyslova 1106/19 Nový  
Hradec Králové 500 08  
<sup>✉</sup> david.vesely@lesycr.cz*

**Abstract**

This paper presents different types of small water reservoirs safety spillways, their technical projects and problems which can occur on these structures. Then, different approaches to solve shown problems are introduced and economic aspects are discussed.

**Keywords:** spillway, small water reservoir, concrete construction, stone construction

## **1 ÚVOD**

S rostoucím zájmem o výstavbu malých vodních nádrží (spojeným především s tématem sucha a retence vody v krajině) by rovněž měla být řešena otázka ekonomické efektivity, tzn. účelnost vynaložených finančních prostředků na opravy, rekonstrukce či výstavby nových malých vodních nádrží, a to bez ohledu na zdroj financování.

V současné době neexistuje v rámci ČR žádný nástroj, který by účelnost vynaložených prostředků hodnotil, výjimku mohou (ale pouze do určité míry) tvořit jednotlivá pravidla pro získání dotace, která jsou však mezi sebou často zcela nesrovnatelná. Jsou známy případy, kdy nebylo možné výstavbu malé vodní nádrže financovat z jednoho dotačního titulu z důvodu ekonomické náročnosti a z jiného to bez větších komplikací možné bylo.

Stanovení předpokládaných finančních nákladů již ve fázi přípravy akce je značně komplikované a často, bez vynaložení finančních prostředků, téměř nemožné. Do předpokládané kalkulace vstupuje několik faktorů, které mohou výrazně cenu ovlivnit např. způsob nakládání se sedimenty a přebytečnou zemínou, jejich způsob využití a na jakou vzdálenost musí být transportovány,

(skládka/ZPF/PUPFL), dále inženýrsko geologický průzkum lokality, jehož výstupem je např. ověření možnosti získání materiálu pro vybudování hrázového tělesa atd.

Faktorem, který může mít významný vliv na cenu díla je rovněž i forma a způsob návrhu funkčních objektů MVN. Jedná se zejména o výpustná zařízení a bezpečnostní přelivy, případě sdružené funkční objekty.

V tomto článku se zabýváme výhradně bezpečnostními přelivy malých vodních nádrží zařazených z hlediska stanovení základní úrovně technickobezpečnostního dohledu do IV. kategorie.

## 2 PŘELIVY

Bezpečnostní přeliv je funkčním zařízením, které zajišťuje bezpečné převedení velkých vod. K neznámějším typům bezpečnostních přelivů patří zejména přelivy přímé, boční, kašnové, šachtové a kombinované.

Jako konstrukční řešení bezpečnostních přelivů jsou nejčastěji navrhované betonové monolitické konstrukce (s obkladem z lomového kamene, nebo bez obkladu), dále konstrukce z lomového kamene typu kamenné dlažby či kamenné rovnániny případně kombinované nebo doplněné o stabilizační prvky (betonové, dřevěné apod.), od celozděných konstrukcí se v posledních letech ustupuje – důvodem jsou negativní zkušenosti spojené s netěsností těchto objektů.

### 2.1 Normativní požadavky

Malé vodní nádrže jsou nádrže se sypanými hrázemi, pro které současně platí, že objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru není větší než 2 mil. m<sup>3</sup> a největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m [1].

- protékané nádrže musí být vybaveny přelivy k bezpečnému odvádění vody z nádrže za povodní [1],
- dimenzování přelivů se provádí na základě přešetření bezpečnosti vodního díla při povodních podle zvláštního předpisu. Při průchodu kontrolní povodňové vlny, jejíž parametry vyplývají z významu díla a jeho zařazení do kategorie, nesmí dojít k ohrožení bezpečnosti vodního díla [1],
- u vodních děl zařazených do IV. kategorie s nízkými škodami se nižší míra bezpečnosti než  $p = 0,01$  ( $N = 100$  let) volí jen v odůvodněných případech, kdy vyvolané škody postihnou jen vlastníka vodního díla a ostatní škody jsou nevýznamné. Uplatnění nižší míry bezpečnosti  $p = 0,05$  ( $N = 20$  let) je nutno písemně zdůvodnit. Praktickým příkladem jsou např. velmi malé vodní nádrže s celkovým objemem menším než 5000 m<sup>3</sup> [2].



## 2.2 Praktické příklady řešení bezpečnostních přelivů

### 2.2.1 Příklad 1

Jako první příklad je uveden bezpečnostní přeliv navržený jako betonová, monolitická konstrukce s obkladem lícních ploch lomovým kamenem (viz obr. 1, základní parametry jsou uvedeny v tab. 1). Jedná se o přímý bezpečnostní přeliv obdélníkového průtočného profilu. Z důvodu pojezdu lesnické techniky bylo nutné bezpečnostní přeliv přemostit a dostatečně dimenzovat. Bezpečnostní přeliv je umístěn v pravém zavázání hráze.



**Obr. 1** Betonová monolitická konstrukce s obkladem – pohled po toku (foto autor)

**Tab. 1** Základní parametry – příklad 1

Plocha při hladině maximální	3,49 ha
Objem zadržené vody při maximální hladině	68 000 m <sup>3</sup>
Plocha povodí	4,0 km <sup>2</sup>
Kapacita přelivu	15,0 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>100</sub> )
Cena přelivu dle PD	2 115 602,- Kč
Realizační cena přelivu	1 452 000,- Kč

### 2.2.2 Příklad 2

Jako druhý příklad je uveden sružený objekt rovněž navržen jako betonová, monolitická konstrukce s obkladem lícních ploch lomovým kamenem (viz obr. 2, základní parametry jsou uvedeny v tab. 2). Jedná se o objekt umístěný v nejnižším místě nádrže, navazující na výtoku přímo na údolnici.



**Obr. 2** Sdružený objekt – betonová, monolitická konstrukce s obkladem – pohled proti toku (foto autor)

**Tab. 2** Základní parametry – příklad 2

Plocha při hladině maximální	0,25 ha
Objem zadržené vody při maximální hladině	3 446 m <sup>3</sup>
Plocha povodí	1,29 km <sup>2</sup>
Kapacita přelivu	5,51 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>100</sub> )
Cena přelivu dle PD	1 530 000,- Kč
Realizační cena přelivu	1 214 000,- Kč

### 2.2.3 Příklad 3

Jako příklad č. 3 je uveden sdružený objekt navržený opět jako betonová, monolitická konstrukce s obkladem lících ploch lomovým kamenem (viz obr. 3, základní parametry v tab. 3). V tomto případě je nutné upozornit na celkové parametry MVN. Sdružený objekt je umístěn ve střední části hrázového tělesa.



**Obr. 3** Sdružený objekt - betonová monolitická konstrukce s obkladem – pohled z prostoru nádrže (foto autor)

**Tab. 3** Základní parametry – příklad 3

Plocha při hladině maximální	0,06 ha
Objem zadržené vody při maximální hladině	795 m <sup>3</sup>
Plocha povodí	0,05 km <sup>2</sup>
Kapacita přelivu	0,427 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>100</sub> )
Cena přelivu dle PD	520 354,- Kč
Realizační cena přelivu	598 000,- Kč

### 2.2.4 Příklad 4

Ukázka přímého bezpečnostního přelivu navrženého jako dlažba z lomového kamene do betonového lože, stabilizovaná pomocí betonových žebry (viz obr. 4, základní parametry jsou uvedeny v tab. 4). Průtočný profil je lichoběžníkový, navazující odpadní koryto je navrženo rovněž jako dlažba z lomového kamene do betonového lože, která přechází do opevnění z kamenné rovnaniny stabilizované soustavou betonových pasů. Přeliv je umístěn v pravém závázání tělesa hráze.



**Obr. 4** Přímý, lichoběžníkový přeliv – dlažba z lomového kamene do betonového lože stabilizovaná betonovými žebry (foto Ing. T. Rau)

**Tab. 4** Základní parametry – příklad 4

Plocha při hladině maximální	0,51 ha
Objem zadržené vody při maximální hladině	6 000 m <sup>3</sup>
Plocha povodí	1,22 km <sup>2</sup>
Kapacita přelivu	4,76 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>100</sub> )
Cena přelivu dle PD	600 653,- Kč
Realizační cena přelivu	412 000,- Kč

## 2.2.5 Příklad 5

Na příkladu č. 5 je ukázka přímého bezpečnostního přelivu navrženého jako kamenná rovnanina stabilizovaná betonovými žebry (viz obr. 5, základní parametry jsou uvedeny v tab 5). Průtočný profil je lichoběžníkový, přeliv je umístěn v levém zavázání tělesa hráze.



*Obr. 5 Přímý, lichoběžníkový přeliv – rovnanina z lomového kamene stabilizovaná betonovými žebry (foto Ing. T. Hofmeister)*

*Tab. 5 Základní parametry – příklad 5*

Plocha při hladině maximální	0,83 ha
Objem zadržené vody při maximální hladině	12 000 m <sup>3</sup>
Plocha povodí	0,52 km <sup>2</sup>
Kapacita přelivu	2,93 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>100</sub> )
Cena přelivu dle PD	449 520,- Kč
Realizační cena přelivu	250 000,- Kč

## 2.2.6 Příklad 6

Bezpečnostní přeliv je v tomto případě přímý s lichoběžníkovým průtočným profilem. Konstrukční řešení tvoří kamenná rovnanina stabilizovaná dřevěnými pasy. Přeliv je umístěn v levém zavázání tělesa hráze.



*Obr. 6 Přímý, lichoběžníkový přeliv – rovnanina z lomového kamene stabilizovaná dřevěnými pasy (foto autor)*

**Tab. 6** Základní parametry – příklad 6

Plocha při hladině maximální	0,21 ha
Objem zadržené vody při maximální hladině	1 730 m <sup>3</sup>
Plocha povodí	0,075 km <sup>2</sup>
Kapacita přelivu	1,30 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>100</sub> )
Cena přelivu dle PD	169 500,- Kč
Realizační cena přelivu	135 000,- Kč

### 2.2.7 Příklad 7

Na příkladu č. 7 je opět ukázka přímého bezpečnostního přelivu navrženého jako kamenná rovnanina. Přelivná hrana je stabilizovaná betonovým žebrem viz obr. 7, základní parametry jsou uvedeny v tab. 7. Průtočný profil je lichoběžníkový, přeliv je umístěn v pravém zavázání tělesa hráze.



**Obr. 7** Přímý, lichoběžníkový přeliv – rovnanina z lomového kamene, přelivná hrana zajištěna betonovým pasem (foto Ing. L. Jůn)

**Tab. 7** Základní parametry – příklad 7

Plocha při hladině maximální	1,17 ha
Objem zadržené vody při maximální hladině	8 300 m <sup>3</sup>
Plocha povodí	0,23 km <sup>2</sup>
Kapacita přelivu	1,51 m <sup>3</sup> /s (Q <sub>50</sub> )
Cena přelivu dle PD	156 000,- Kč
Realizační cena přelivu	107 000,- Kč

### 3 PROBLEMATIKA JEDNOTLIVÝCH ŘEŠENÍ

#### 3.1 Betonové konstrukce

Kladem betonových konstrukcí je jejich vysoká odolnost. Nevýhodou je poměrně vysoká cena a technická náročnost provádění. Na nádrži mohou často působit nepřírozeným dojmem – toto je částečně řešitelné obkladem lícnicích ploch lomovým kamenem, nicméně kamenný obklad je spíše estetickou záležitostí, která objekt prodražuje a zároveň může způsobit neurčitelnost poruchy konstrukce (případně průsaky mohou obkladem vzlínat a objevují se na místech, která s danou poruchou nemusí přímo souviset).

Umístění objektů má rozhodující vliv na konstrukční řešení a cenu. Především objekty umístěné v nejnižším místě nádrže (zejména sdužené objekty) musí být v souvislosti s hladinami v nádrži velmi vysoké a dostatečně dimenzované (tloušťka stěn, armatura atd.), velmi často takovéto objekty nelze do celkové koncepce vhodně začlenit a působí příliš technickým dojmem, někdy až nepřírozeným (např. velké sdužené objekty na malých nádržích).



*Obr. 8 Příklad porušení technologické kázně – pracovní spára (nad obkladem v čele objektu) neměla v těchto místech vůbec vzniknout a pokud už vznikla, měla být řádně ošetřena - což se nestalo (vlevo, foto autor); výsledek nekvalitně ošetřené pracovní spáry – patrné průsaky již po několika týdnech od napuštění nádrže (vpravo, foto autor)*

V otevřených profilech viz příklad č. 2 (obr. 2), nebo u velkých průtočných profilů (často bývá u sdužených objektů) je nezbytné při navrhování počítat i s možností promrzání konstrukce – opět zvýšené náklady (silnostěnné konstrukce, protiprůsaková žebra apod.). Zcela zásadní je nutnost přesného dodržování technologických postupů a způsobů zpracování při výrobě tzv. technologické kázně. Obr. 8 a 10 ukazují porušení technologické kázně a jeho důsledky. Při dnešních požadavcích na betonové konstrukce vodních staveb, kdy jsou

betonové směsi dopravovány autodomíchávači, je často i klíčová doprava betonu a jeho zpracovatelnost. Samotné zpřístupnění lokality pro dopravu betonu je často neúměrně nákladné, v některých případech téměř nemožné. Náklady spojené s opravami a údržbou těchto objektů jsou velmi vysoké. Poruchy bývají obtížně identifikovatelné (zejména při obložení lomovým kamenem) a často je nutná celková rekonstrukce, při které nelze původní konstrukce využít a související práce jako je bourání, odvoz sutí na skládku atd. jsou nákladné.



*Obr. 9 Příklad selhání zhotovitele – konstrukce dle PD měla být provedena jako betonový monolit s kamenným obkladem ve formě ztraceného bednění. Zhotovitel použil betonové prefabrikáty prosypané zavadlou směsí cementového potěru, které následně obkládal k vrstvě izolace (vlevo, foto autor); výsledek konání zhotovitele již při napouštění nádrže (vpravo, foto autor)*

### 3.2 Konstrukce z lomového kamene

Výhodou těchto konstrukcí může být (především v řešení průlehů hrází opevněných kamennou rovnáninou) nízká cena, snadná realizovatelnost i v místech se ztíženou dopravní dostupností, nenásilné začlenění do okolního prostředí, nízké náklady na případné opravy. Obr. 10 je ukazuje bezpečnostní přelivů cca 4 roky po výstavbě (jedná se o průleh v hrázi opevněný kamennou rovnáninou se zajištěním přelivné hrany betonovým pasem – viz obr. 7). Problematická se může zdát nižší stabilita těchto objektů, a ne vždy lze konstrukci realizovat (např. v případech úzkých a vysokých hrází), dále ztráta funkčnosti při nedostatečné údržbě (náchylné na zarůstání vegetací). Z důvodu bezpečného převedení zvýšených průtoků přes hráz malé vodní nádrže je nutný pečlivý výběr umístění přelivu – nejlépe v místech přechodu tělesa hráze do rostlého terénu (hráz v těchto místech dosahuje minimální výšky) často nutné v kombinaci se sníženým sklonem vzdušního líce hráze.



*Obr. 10 Příklad vhodného způsobu souladu opevnění bezpečnostního přelivu a okolního prostředí. Opevnění není 4 roky po výstavbě téměř patrné. Způsob provedení viz obr. 7 (foto autor)*

Opevnění bezpečnostního přelivu dlažbou z lomového kamene (nejčastěji do betonového lože) je rovněž možné. Je však nutné podotknout, že může docházet k rozdílnému sedání materiálu pod konstrukcí, následně dochází k trhlinám (i v důsledku klimatických vlivů u ploch většího rozsahu) a propadlinám v konstrukci, vymílání a tvoření kaveren, které v počáteční fázi není snadné odhalit, následná destrukce bývá velmi rychlá. Dlažbu lze charakterizovat jako nepružné „tvrdé“ opevnění a z estetického hlediska nepatří mezi preferovaná řešení, zejména v případech, kdy tvoří souvislé zpevněné plochy velkých rozměrů (desítky metrů čtverečních).

## 4 ZÁVĚR

Na praktických ukázkách jsou prezentována různá technická řešení bezpečnostních přelivů malých vodních nádrží. Nelze jednoznačně konstatovat, jaké řešení přelivu je nejvýhodnější. Univerzální řešení neexistuje a je vždy nutné posoudit více aspektů, které na konstrukci bezpečnostního přelivu mohou mít vliv. Mezi ty patří zejména umístění a velikost vodní nádrže, celkový stav a velikost povodí nad profilem nádrže, stav vodního toku, předpokládané návrhové parametry nádrže a její účel; průběh, velikost a dopad velkých vod, pravděpodobnost havárie, způsobené škody apod.

Z ekonomického pohledu se jako nejefektivnější jeví konstrukce přímých bezpečnostních přelivů, zejména v případech, kdy návrhový průtok není příliš velký. Při vyšším návrhovém průtoku mohou být za ekonomicky nejefektivnější řešení považovány přelivy boční či přímé - obdélníkové, umístěné v blízkosti zavázání hrázového tělesa do rostlého terénu. Betonové, monolitické konstrukce (především sdužené objekty) umístěné zpravidla v nejnižším místě nádrže často



stavbu neúměrně prodražují a pokud bychom zohlednili i problematiku spojenou s realizací (doprava betonu, technologická kázeň atd.) a následnou údržbou, mohou se taková řešení často jevit jako ekonomicky nevýhodná.

V případě některých nádrží resp. profilů se velkým a nákladným objektům bezpečnostních přelivů nelze vyhnout. Jsou to především nádrže, u kterých hrozí škody při havárii nejen na samotném vodním díle, zejména pak nádrže, kde se při hypotetické havárii předpokládají i ztráty lidských životů. Existuje však mnoho nádrží a profilů, u kterých může být uplatňován i mírnější přístup. Toto se týká těch nádrží, které nemohou působit v případě havárie způsobené průchodem velkých vod jiné škody než na samotném vodním díle, nebo v místech, kde doba a velikost zvýšeného průtoku nedosahuje takových parametrů, aby mohlo být vodní dílo významně ohroženo, a to ani v případě přelití hrázového tělesa. Jedná se např. o malé vodní nádrže v souvislých lesních komplexech, nebo v zemědělsky obhospodařovaném území, které nedosahují významných parametrů.

Jako příklad jsou uvedeny dvě zcela odlišné malé vodní nádrže: 1) malá vodní nádrž o rozloze 3 ha s objemem zadržené vody 75 000 m<sup>3</sup> umístěná těsně nad zastavěným územím. 2) malá vodní nádrž o rozloze 0,3 ha s objemem zadržené vody 2 500 m<sup>3</sup> situovaná v lesním komplexu (mnoho malých vodních nádrží v ČR nedosahuje ani těchto parametrů). Obě výše uvedené nádrže lze posuzovat rozdílným způsobem a uplatňovat rozdílná řešení funkčních zařízení, i když se z pohledu stanovení základní úrovně technickobezpečnostního dohledu jedná v obou případech o vodní díla zařazená do stejné kategorie (IV.) a z pohledu platné legislativy mezi nimi není prakticky žádný rozdíl. Vždy by mělo být postupováno s rozvahou a neměla by být bezdůvodně preferována řešení, která jsou příliš nákladná a náročná na výstavbu i budoucí údržbu (zejména u nádrží, které nedosahují významných parametrů).

## Literatura

- [1] ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže*. Praha: Vydavatelství ÚNMZ. 2011. 46 s.
- [2] ČSN 75 2935 *Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních*. Praha: Vydavatelství ÚNMZ. 2014. 16 s.
- [3] VRÁNA, K., BERAN, J., *Rybníky a účelové nádrže*. Praha: Vydavatelství ČVUT. 2002. 150 s. ISBN 80-01-02570-5.

# BEZPEČNOSTNÍ PŘELIVY HISTORICKÝCH RYBNÍKŮ, PROVĚŘENÍ KAPACITY A MOŽNÉ ÚPRAVY, NOUZOVÉ PŘELIVY

SPILLWAYS OF HISTORICAL PONDS, CAPACITY VERIFICATION AND  
POSSIBLE ADJUSTMENTS, EMERGENCY SPILLWAYS

Stanislav ŽATECKÝ<sup>1,✉</sup>

<sup>1</sup> VODNÍ DÍLA-TBD a.s., pracoviště Brno, Studená 2, 638 00 Brno  
✉ zatecky@vdtbd.cz

## Abstract

This paper focuses on the spillways of historical fishponds. The types of spillways are discussed first. The safety of historical fishponds is very important which means that it is necessary to verify the capacity of such spillways. The principle of such verification is presented in the second part of this paper. The last part presents possibilities of the safety improvement options. In this case, both the standard and operational emergency methods are introduced.

**Keywords:** spillway, capacity verification, historical pond

## 1 ÚVOD

Rybníky byly na území současné České republiky stavěny již v jedenáctém století či dříve [1], největší rozmach rybníkářství však spadá do století šestnáctého. S rozvojem výstavby rybníků vyvstala potřeba zajistit bezpečnost hrází vodního díla při průchodu povodňových průtoků. V případě, že byly k dispozici vhodné terénní podmínky, byl vybudován rybník mimo vlastní tok a jeho ochrana byla řešena ovladatelným napouštěním a převáděním povodňových průtoku tokem. V oblastech, kde nebyly vhodné podmínky pro budování obtokových rybníků a bylo nutné postavit průtočný přímo na toku, bylo zabezpečení prováděno nejdříve vybudováním přelivů rostlým terénem vedle zavázání. Jednalo se o tzv. „splavy“, opevněné dřevěnými trámy a tvořícími rošt a kamennou dlažbou. Bylo využíváno také vhodných profilů se skalními výchozy, kde byl přeliv a odpad od něj vysekán do skalního masivu mimo vlastní hráz. V 16. století, kdy došlo k významnému rozvoji rybníkářství, se začaly u velkých rybníků kromě „splavů“ opevněných kamennou dlažbou a stabilizací pomocí trámového roštu využívat i hrazené přelivy, hrazené pomocí

hradidel nebo stavidel. Před přelivy byla budována dřevěná brlení proti úniku ryb při povodních. Ovládání tabulí stavidel bylo možné z lávky pomocí pákového mechanismu a čepů vsazovaných do děr v táhle z dřevěného trámku. Vyjímání hradidel bylo prováděno pomocí háků, které se zachytily do žlábků v hradidlových trámech. V pozdějších dobách bylo svislé dřevěné táhlo nahrazeno šroubovou tyčí, zdvih se prováděl pomocí matice uložené volně v lůžku upevněném na vodorovném trámu a ovládaném otáčením klíčem.



*Obr. 1 Původní dřevěná konstrukce s tabulemi*



*Obr. 2 Ovládání pomocí šroubové tyče a matice*

Ve dvacátém století se začalo používat ve větší míře betonových a ocelových konstrukcí. Tabulové uzávěry byly ovládány buď pomocí cévových tyčí zdviháných pomocí zubového soukolí, nebo pomocí šroubových tyčí zdviháných také pomocí z převodovaného soukolí, které umožnilo ovládání tabulí menší silou a mohl ho tak zvládnout i jeden člověk. Tyto hrazené přelivy

sloužily jednak pro bezpečné převádění povodní, ale také k částečnému vypuštění rybníka, snížení hladiny a umožnění přístupu k závěru spodní výpusti, kterými býval buď čap, nebo ponořený požerák. Kromě těchto přelivů bývala vodní díla vybavována nouzovými přelivy v rostlém terénu mimo vlastní těleso hráze. Ve druhé polovině dvacátého století došlo na velkém množství rybníků vlivem podceněné údržby u mnoha přelivů k částečnému a někde i k úplnému omezení manipulovatelnosti těchto přelivů. Vlivem změn v hospodaření došlo také ke zrušení mnoha nouzových přelivů. V souvislosti s postupnou změnou odtokových poměrů tak došlo ke snížení zabezpečení vodních děl proti přelití a někdy i k haváriím. Z těchto důvodů je doporučeno přednostní používání konstrukcí nehrazených přelivů bez nutnosti manipulace při povodních. U nízkých hrází do 3 m výšky lze použít přímé přelivy přes hráz, umístěné v blízkosti zavázání, kde je výška hráze nižší. U vyšších hrází preferujeme boční přelivy, pokud je vhodné podloží a účelnost konstrukce, doporučujeme sružený objekt.



*Obr. 3 Převodové zdvihací mechanismy*

## **2 PROVĚŘENÍ KAPACITY BEZPEČNOSTNÍCH PŘELIVŮ**

Pro posouzení bezpečnosti vodních děl při povodních je nutné prověření kapacity stávajících bezpečnostních přelivů. Postup posudku je stanoven v platné ČSN 75 2935 [5]. Posudek má jednotné členění a označení kapitol:

- A Úvodní část
- B Účel a popis vodního díla
- C Základní údaje a podklady

- C.1 Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni
- C.2 Hydrologické podklady
- C.3 Technické parametry a podklady
- C.4 Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni
- C.5 Hydraulické výpočty
- D Stanovení mezní bezpečné hladiny
- E Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži
- F Závěrečné zhodnocení
- G Nápravná a nouzová opatření
- H Použité podklady

V kapitole C.5 jsou provedeny potřebné výpočty kapacity bezpečnostních přelivů. U hrazených je proveden výpočet pro různé varianty otevření tabulí. Posoudí se i stav kdy nedojde k vyhrazení. U přelivů, které nemají přesně definovatelné parametry, např. opevněné průlehy, nebo málo kapacitní průchod hrází, je možné provést výpočet řešením pomocí kritické hloubky v místě kde dochází ke změnám proudění a zpětným odvozením hladiny vody v nádrži, předpokládá se nulová rychlost před přelivem. Potřebné výpočty se provádějí pro požadovanou míru bezpečnosti vodního díla. Ta je uvedena v Tabulce 1 – požadovaná míra bezpečnosti uvedené v ČSN 75 2935 [5]. U malých vodních nádrží, které jsou převážně IV. kategorie se zabezpečení počítá pro kontrolní povodeň KPV 20, 100, 200 let. Je stanovena mezní bezpečná hladina MBH, při které by nemělo dojít k havárii díla. Pokud výpočty prokážou, že kapacita přelivu je nedostatečná a mohlo by při KPV dojít k překročení MBH je nutné navrhnout opatření na zajištění bezpečnosti vodního díla. Tato opatření mohou být okamžitá – dočasná pro okamžité zlepšení bezpečnosti vodního díla, dále se pokračuje zpracováním PD na zkapacitnění stávajícího nebo vybudování nového přelivu.

### **3 DOČASNÁ OPATŘENÍ NA ZLEPŠENÍ BEZPEČNOSTI VODNÍCH DĚL PŘI POVODNÍCH**

V případě opatření při průchodu povodně a nekapacitního přelivu je možné pomoci okamžitým vybudováním nouzového přelivu buď překopem hráze ve vhodném místě, nebo vytvořením přelivu v rostlém terénu v zavázání hráze. Tato opatření prováděná při průchodu povodně vyžadují zabezpečení prokopávané oblasti hráze pomocí kamenného záhozu, který zajistí ochranu přelévaného svahu proti zpětné erozi. Je nutné nejprve zajistit tento materiál a mít k dispozici vhodnou techniku po celou dobu trvání povodně.



*Obr. 4 Budování nouzového přelivu při průchodu povodně*

Tato opatření je v případě rizika porušení hráze jsou zajišťována obvykle v rámci krizového řízení Hasičským záchranným sborem. Protože však jde ve většině případů o potřebné rozhodnutí specialisty, je nutné zajistit specialistu pomocí povodňové komise, obvykle kraje, která má k dispozici kontakty na specialisty schopné určit optimální místo průkopu a způsob provizorního opevnění. V případě takovéto situace se jedná o velmi náročné rozhodnutí, které je nutné provést ve velmi krátkém čase, bez znalostí podloží a konstrukce na základě zkušeností s obdobnými opatření. Takovou situaci lze v předstihu řešit vybudováním doplňkového nouzového přelivu, který do doby úpravy stávajícího přelivu zajistí bezpečnost vodního díla.

### **3.1 Nouzový bezpečnostní přeliv**

Předem lze zabezpečit vodní dílo vybudováním nouzového přelivu. Ten se buduje vždy v rostlém terénu v zavázáních hráze. Úpravou terénu v zavázání se řeší jako boční přeliv bez spadiště, opevněný pouze zatravněním tak, aby odtok od přelivu byl veden buď zemním korytem v rostlém terénu, nebo volně po svahu při velmi malém paprsku vody. Tento nouzový přeliv lze buď vybudovat jednoduchou terénní úpravou, bez nutnosti změny povolení k nakládáním s vodami, nebo pouze v rámci povodňového plánu pro vodní dílo popsat variantu vybudování nouzového přelivu.

### **3.2 Vybudování přelivu v rámci zabezpečení vodního díla**

Na vodním díle, u kterého je prokázána výpočtem malá zabezpečení při průchodu hydrologické povodně ve smyslu ČSN 75 2935 je možné předem připravit vhodný profil v zavázání hráze, který bude sloužit jako nouzový přeliv. Je potřebné snížit břeh v zavázání tak, aby sloužil jako bezpečnostní přeliv. V zavázání upravit průchod přes hráz, pokud možno v rostlém terénu. Obvykle

lichoběžníková profil je limitujícím průřezem pro převedení vody pod hráz. Je potřebné při návrhu počítat tento průřez jako přepad přes širokou korunu, nebo pomocí kritické výšky, která bude v místě začátku skluzu. Opevnění takového přelivu je provedeno pouze zatravněním, případně doplněno o plůtky, které stabilizují svah a usměrňují proud přelévající se vody. Dobře zatravněné skluzy, nebo svah odolává rychlostem kolem 0,8 m/s. Pro písčité hlíny kryté drnem lze uvažovat se součinitelem drsnosti  $n = 0,06$ . Při návrhu takových to opatření je nutné navrhnout usměrňovací plůtky tak, aby nedošlo k soustředění proudu vody, ale k jeho rozptýlení po co největší ploše s co nejmenší výškou paprsku vody. Závislost hloubek na prahu přelivu -  $h_p$  - krit. hloubka,  $H_p$ - hladina.

**Tab. 1** Závislost hloubek na prahu přelivu  $h_p$  a  $H_p$  na specifickém průtoku

$q$	$h_p$	$v_p$	$H_p$
$m^3/s$	m	m/s	m
0,045	0,08	0,56	0,1
0,056	0,1	0,56	0,12
0,083	0,12	0,69	0,15
0,097	0,14	0,69	0,17
0,128	0,14	0,8	0,2
0,144	0,18	0,8	0,22
0,177	0,2	0,89	0,25
0,215	0,22	0,98	0,28
0,235	0,24	0,98	0,3
0,274	0,26	1,05	0,33
0,295	0,28	1,05	0,35

Uvedené hodnoty udávají orientační údaje pro průtoky v místě přechodu přelivu na skluz, nebo svah v závazání pod hrází. Při navrhování těchto opatření, doporučujeme jednak znalost aktuálních údajů o průchodu N-letých vod a jednak i možnosti transformačního účinku nádrže. Na základě těchto relevantních údajů lze navrhnout taková opatření, aniž by došlo k zásahu do povoleného nakládání s vodami. Nutným, pro navržení takových opatření je vlastnictví pozemků, nebo smluvní zajištění možnosti vybudovat tato zabezpečovací zařízení.

### Literatura

- [1] PAVELKOVÁ, R., FRAJER, J., NETOPILOV, P., DAVID, V., DZURÁKOVÁ, M., HAVLÍČEK, M., HŮLA, P., PETERKOVÁ, L., ROZKOŠNÝ, M., ŠARAPATKA, B., VRÁNA, K. *Historické rybníky České republiky: srovnání současnosti se stavem v 2. polovině 19. století*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2014. 167 s.
- [2] MALÝ, F.. *Z historie výstavby rybníků v Čechách, zejména na Třeboňsku*. Katedra hydrotechniky ČVUT, Praha, 1984
- [3] Archivní materiály - archiv VODNÍ DÍLA- TBD a.s.
- [4] Nouzové přelivy na nízkých sypaných hrázích, TBD 1982
- [5] ČSN 75 2935 *Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních*. Praha: Vydavatelství ÚNMZ. 2014. 16 s.



**KVALITA VODY A ZHODNOCENÍ ANGROPOGENNÍHO  
ZNEČIŠTĚNÍ SEDIMENTŮ FLUVIÁLNÍCH JEZER LÁBE**  
WATER QUALITY AND THE ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC  
POLLUTION OF THE ELBE RIVER OXBOW LAKES

**Lucie BERANOVÁ<sup>1,✉</sup>, Dagmar Chalupová<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Univerzita Karlova, Katedra Fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6,  
128 43 Praha 2*

*✉[lucie.beranova@natur.cuni.cz](mailto:lucie.beranova@natur.cuni.cz)*

**Abstract**

In this thesis, water quality and the assessment of anthropogenic pollution in the sediments of the middle course of the Elbe River oxbow lakes Kozelská and Vrt' were studied. It is widely accepted that the oxbow lakes are extremely significant ecosystems. However, a large amount of contaminated material may deposit in these lakes. The research of Lake Kozelská was chosen especially to its proximity to the chemical factory Spolana in Neratovice, which used to be the biggest source of pollution of the Elbe River. The research included bathymetric measurements, regular observations of hydrological regime, monthly analysis of chemical and physical parameters of water in the period from December 2016 to November 2017. The next part of this research included grain analysis and determination of metal and arsenic concentrations in the sediment fraction of 20 µm using Aqua Regia leaching and total decomposition as well. Concerning water quality assessment, Lake Kozelská and Vrt' contained the highest concentration of N-NH<sub>4</sub> among the compared oxbow lakes in the middle course of the Elbe River.

From the point of view of sediment contamination, the highest concentrations of measured elements were determined mainly in Lake Kozelská, which confirmed the hypothesis of the spread of industrial contamination from nearby sources of pollution (Spolana, as in Neratovice) probably also upstream during floods, as reported, for example, in 2002. On the contrary, the sediments of Lake Vrt' lake were less contaminated probably due to the impact of the Jizera River, which could dilute the pollution.

**Keywords:** water quality, lake sediments, Elbe river, oxbow lakes

# 1 ÚVOD

Stará říční ramena tvoří velmi významné ekosystémy. Nejen že mohou být domovem vzácných a chráněných druhů, ale zvyšují retenční potenciál krajiny, takže hrají velmi důležitou roli v protipovodňové ochraně. Kromě jejich ekologického významu představují zdroj informací o historickém znečištění, které se v povodí Labe od 2. poloviny 20. století významně zvýšilo.

Po desetiletí bylo Labe antropogenně regulováno, meliorováno a také vystavováno zhoršující se kvalitě životního prostředí kvůli přehnojování půd, nedostatku čistění odpadních vod apod. Místy je však stále možné najít dobře fungující nivní ekosystémy s řadou zachovalých starých říčních ramen a tůň, které jsou alespoň jednotlivě chráněny [1].

V posledních letech se kvalitou vody a sedimentů zabýval např. Janský [2], Chalupová [1] a Havlíková [3], která se zaměřila mimo jiné i na výzkum kvality vody ve fluviálním jezeře Vrť, které je v rámci této práce také studováno.

Zmíněné studie zahrnovaly však jen některé oblasti labské nivy a mnoho fluviálních jezer zůstalo stále nezmapováno. Jedním z nich je právě Kozelská tůň. Toto jezero představuje druhou zkoumanou lokalitu, která je zajímavá především jeho polohou u chemické továrny Spolana Neratovice, a.s., která v minulosti představovala největší zdroj znečištění v povodí Labe.

Tato práce byla zaměřena na batymetrické mapování, pravidelné odečty vodních stavů a měsíční analýzy chemických a fyzikálních parametrů kvality vody. Dále byla provedena zrnitostní analýza a stanovení koncentrací kovů a arsenu v sedimentech. Výsledky měření byly porovnány s předešlými výzkumy starých ramen v tomto regionu s cílem zhodnotit rozšíření antropogenního znečištění Labské nivy.

## 2 STUDOVANÉ LOKALITY

### 2.1 Kozelská tůň

Kozelská tůň se nachází na pravém břehu řeky Labe mezi 851,9 a 851,1 říčním km blízko obce Mlékojedy, která leží v okrese Neratovice. Toto fluviální jezero je spojeno s řekou úzkými kanály na 851,9 a 850,1 říčním km. Jeho podloží tvoří hlinitopísčité sedimenty a jílovce. Je tu možné nalézt velké množství sladkovodních ryb, které však nejsou plně dorostlé kvůli jejich častému předčasnému výlovu. Je zde také relativně velké zastoupení nutrií.

Během 2. poloviny 20. století bylo zamrzlé jezero obvykle vápněno a také probíhalo vybagrování sedimentů ze dna jezera. SV jezera je obklopen zemědělskými oblastmi (pěstování řepky) a pastvami pro koně. Na JV části se

nachází les, na severu od jezera je chatová kolonie, která může představovat lokální zdroj znečištění z jejich domácností a vypouštění vody z bazénů.

Obr. 1 znázorňuje vývoj jezera. Jak je vidět na mapě III. vojenského mapování, v roce 1852 byl meandr ještě stále částí řeky. Meandr byl pravděpodobně odříznut na začátku 20. století. Pravá část obrázku 1 zobrazuje současný stav jezera, kdy je zřejmé, že tok byl napříměn a meandr je s řekou spojen pouze úzkými kanály.



*Obr. 1 III. vojenské mapování (vlevo) a současná ortofoto Kozelské tůně, 1:10 000*

## 2.2 Vrt'

Jezero Vrt' se nachází na levém břehu řeky Labe mezi 881,7 a 881,2 říčním km v obci Semice, která je situována v okrese Nymburk. Jezero je spojeno s Labem jen úzkým kanálem na 881,2 říčním km. Geologické podloží jezera je složeno převážně z jílovců, jílu [4]. Ty jsou překryty pleistocenními fluvialními sedimenty a písčítými štěrky [5]. Jezero sousedí s přírodní památkou Vrt'. Přítomné stromy na břehu jezera zastiňují část jezera, která se nachází blízko řeky. Jezero Vrt' je také obklopené borovicemi a zemědělskými poli, kde je pěstováno hlavně zelí, cibule a brambory.



*Obr. 2 III. vojenské mapování (vlevo) a aktuální ortofoto jezera Vrt' (vpravo), 1:10 000*

Žijí zde různé druhy ryb. Nejvíce zastoupeným druhem je kapr, štika a úhoř. Během 2. poloviny 20. století bylo jezero vápněno [3]. Obr. 2 zobrazuje propojení meandru s řekou v roce 1852. Jezero bylo odříznuto od Labe pravděpodobně na začátku 20. století. Aktuální stav je zobrazen v pravé části Obr. 2, kdy je jezero propojeno s řekou pouze kanály.

### 3 METODY

#### 3.1 Fyzikálně-chemické parametry vody

Měření v Kozelské tůni proběhlo na dvou různých částech jezera. Výsledná hodnota byla spočítána jako průměr z těchto hodnot. V terénu byla přenosným multimetrem HQ40D Hach-Lange měřena teplota vody, rozpuštěný kyslík ve vodě, pH a vodivost. Další stanovované parametry jako chemická spotřeba kyslíku ( $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ), biochemická spotřeba kyslíku ( $\text{BSK}_5$ ),  $\text{N-NH}_4$ ,  $\text{N-NO}_2$ ,  $\text{N-NO}_3$ ,  $\text{P-PO}_4$ ,  $\text{Cl}^-$ , alkalita, Ca, Fe, Mn a tvrdost vody byly měřeny v laboratoři Ústavu pro Životní Prostředí na Univerzitě Karlově.

#### 3.2 Analýza sedimentů

Jádra sedimentů byla odebrána pístovým odběrákem Eijkelkamp ze člunu a byly rozděleny na 10 cm dlouhé vzorky, které pak byly analyzovány zvlášť. Oddělené vzorky byly uchovány ve vzduchotěsných sáčkích v chladícím boxu. Délka odebraných vzorků sedimentů činila 59 cm.

V sedimentech byly stanoveny obsah Ag, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn a Ti. Kvůli možnosti srovnání výsledků s dalšími pracemi, byla pro determinaci prvků použita zrnitostní frakce 20  $\mu\text{m}$ . Koncentrace kovů a arsenu v sedimentech byly stanoveny po výluhu lučavkou královskou a také s využitím celkovém rozkladu pomocí HF a  $\text{HClO}_4$ . Rozdíl mezi těmito metodami spočívá v tom, že při lučavkovém výluhu získané koncentrace prvků nerepresentují množství prvku, které je obsaženo v silikátové frakci. Naopak celkový rozklad představuje obsah prvků z antropogenního obohacení, ale také přirozené pozadové hodnoty v sedimentu dané lokality. Koncentrace měřených prvků byly stanoveny metodou emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES). Obsah rtuti byl stanoven atomovým absorpčním spektrometrem AMA-254.

## 4 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 4.1 Kvalita vody

Hodnoty **pH** ve Vrti i Kozelské tůni představovaly neutrální nebo slabě alkalické prostředí (Tabulka 1). Mírné zvýšení pH bylo měřeno na konci zimy a na začátku jara, což bylo způsobeno zvýšenou činností fytoplanktonu, při které byl z vody vyčerpán  $\text{CO}_2$ .

Zejména ve Vrti byly naměřeny vysoké hodnoty **konduktivity** během zimních a jarních měsíců, což mohlo korespondovat s vyššími koncentracemi Ca, Cl a  $\text{N-NO}_3$ . K tomuto zvýšení konduktivity mohlo přispět vymývání látek z polí a posypu silnic během tání sněhu. Vyšší koncentrace chloridů a fosforu mohou také indikovat znečištění odpadními vodami [6]. Hodnoty konduktivity v Kozelské tůni byly nejpodobnější hodnotám naměřeným v jezeře Obrěství [1].

V Kozelské tůni byl v létě pozorován vyšší obsah **rozpuštěného kyslíku** ve vodě, což mohlo být výsledkem vysoké populace fytoplanktonu v jezeře. Ve Vrti nastal nižší obsah kyslíku během teplejších měsíců, což korespondovalo s vyššími teplotami vody, kdy je rozpustnost kyslíku nižší a zvyšuje se intenzita rozkladných procesů, kdy je kyslík spotřebován. Nižší koncentrace kyslíku mohou také korespondovat s obdobím „clear water“ po úpadu fytoplanktonu, který byl doprovázen vysokými koncentracemi fosforu ve vodě [7]. Nejpodobnější trend koncentrací kyslíku naměřené ve Vrti byl pozorován v jezeru Némčice [1].

Kozelská tůň i Vrt' vykazovaly v porovnání s ostatními rameny nejvyšší koncentrace  **$\text{N-NH}_4$** . V obou jezerech byl březnu, dubnu a srpnu vyčerpán  **$\text{P-PO}_4$**  kvůli vysoké produktivitě fytoplanktonu. Naopak vysoké koncentrace  **$\text{P-PO}_4$**  byly zaznamenány během období „clear water“, kdy nízký obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě umožnil uvolnění fosforu ze sedimentů po redukcí železa v molekule  $\text{FePO}_4$  [8]. Vyšší obsah fosforu byl také naměřen v zimě a na konci vegetačního období, k čemuž mohlo přispět smývání hnojiv z přilehlých polí nebo jiné antropogenní znečištění.

V obou jezerech byly naměřeny vysoké hodnoty  **$\text{CHSK}_{\text{Mn}}$**  během vegetačního období při zvýšení biochemických a rozkladných procesů za vyšší teploty. Nejvíce odlišný trend  **$\text{CHSK}_{\text{Mn}}$**  byl pozorován v jezeře Poděbrady [1]. Vývoj  **$\text{CHSK}_{\text{Mn}}$**  ve Vrti byl nejpodobnější trendu toho parametru v jezeru Semín [3].

**Tab. 1** Průměrné roční hodnoty parametrů kvality vody fluválních jezer Labe v mg/L (v případě vodivosti v mS/m) (Havlíková, 2011; Chalupová, 2011, Chalupová, 2003; Klouček, 2002; Kryžová, 2007)

Parametr	Kozelská tůň 2017	Vrt' 2017	Vrt' 2004-07	Němčice 2004-07	Lžovice 2006-07	Poděbrady 2006-07	Václavka 2006-07
O <sub>2</sub>	11,68	10,13	<b>16,60</b>	8,27	9,86	8,67	9,66
BSK <sub>5</sub>	5,59	2,77	4,70	4,50	3,70	3,50	5,20
CHSK <sub>Mn</sub>	7,27	9,36	8,20	10,11	5,61	5,40	6,69
N-NO <sub>3</sub>	2,27	2,24	2,58	2,10	2,10	2,60	0,10
N-NH <sub>4</sub>	<b>0,36</b>	<b>0,45</b>	0,15	0,18	0,08	0,09	0,05
P-PO <sub>4</sub>	0,015	0,018	0,021	<b>0,540</b>	0,080	0,040	0,040
vodivost	49,68	52,76	45,00	81,30	46,30	46,50	53,80

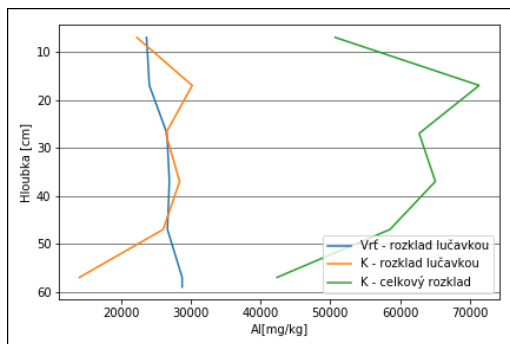
Parametr	Obříství 2006-07	Semin 2004-07	Votoka 2004-07	Doleháj 2003	Labistě p.O. 2002	Libiš 2007
O <sub>2</sub>	11,46	2,30	12,00	11,47	5,48	7,30
BSK <sub>5</sub>	6,30	5,80	5,20	<b>9,23</b>	<b>17,73</b>	5,80
CHSK <sub>Mn</sub>	7,98	9,30	8,30	<b>25,57</b>	<b>20,12</b>	<b>18,10</b>
N-NO <sub>3</sub>	<b>3,10</b>	0,50	2,67	2,60	0,87	1,50
N-NH <sub>4</sub>	0,11	0,08	0,07	1,20	0,59	0,40
P-PO <sub>4</sub>	0,070	0,003	0,004	0,020	<b>0,410</b>	0,110
vodivost	<b>69,40</b>	44,80	<b>78,10</b>	49,50	39,50	<b>129,00</b>

## 4.2 Kvalita sedimentů

Ve Vrti byla koncentrace většiny stanovených prvků v sedimentech nižší a vykazovala pouze malé změny s hloubkou jádra sedimentu. Naopak v Kozelské tůni byly naměřeny vysoké obsahy prvků, které s měnící se hloubkou vykazovaly velké odlišnosti. Tyto změny koncentrací mohly být způsobeny vybagrováním sedimentů ze dna jezera během 2. poloviny 20. století nebo extrémními povodněmi. Vysoké obsahy kovů v Kozelské tůni pravděpodobně souvisí s její polohou blízko Spolany Neratovice, a.s., odkud mohl být kontaminovaný materiál transportován např. při povodních 2002.

Obecně lze říci, že vyšší koncentrace prvků byly dosaženy po celkovém rozkladu než po rozkladu lučavkou královskou. Celkový rozklad zahrnoval i přirozené pozadové hodnoty, takže na rozdíl od lučavkového rozkladu neindikuje jen antropogenní znečištění lokality.

Tab. 2 znázorňuje index Geoakumulace, který byl spočítán užitím požadových hodnot definovaných Turekianem a Wedepohlem [9]. Takto vypočtený index vykazoval vyšší třídy kontaminace sedimentů než při aplikaci požadových hodnot, které definoval Prange [10]. Obr. 3 znázorňuje příklad jednoho ze stanovených prvků, konkrétně hliníku, u kterého je patrný rozdíl výsledné koncentrace tohoto prvku po aplikaci lučavkového nebo celkového rozkladu.



**Obr. 3** Koncentrace Al ve Vrt' po lučavkovém rozkladu a Kozelské tůni po lučavkovém i celkovém rozkladu

**Tab. 2**  $I_{geo}$  prvků po lučavkovém rozkladu ve Vrt' a po lučavkovém i celkovém rozkladu v Kozelské tůni s užitím požadových hodnot od Turekiana a Wedepohla (1961) a Prange (GHW) (1997)

Prvek	$I_{geo}$					
	GHW - Kozelská celkový rozklad	GHW - Kozelská rozklad lučavkou	GHW - Vrt' rozklad lučavkou	T & W - Kozelská celkový rozklad	T & W - Kozelská rozklad lučavkou	T & W - Vrt' rozklad lučavkou
Ag	4,01	4,76	4,15	6,11	6,84	6,25
Al	-1,18	-2,43	-2,33	-1,04	-2,29	-2,18
As	1,48	1,26	0,06	2,37	2,14	0,94
Cd	3,60	3,36	1,97	4,02	3,78	2,39
Cu	1,33	1,38	-0,04	0,84	0,89	-0,53
Fe	-0,52	-0,58	-1,12	-0,50	-0,57	-1,11
Ni	-0,87	-0,93	-1,17	-1,23	-1,29	-1,53
Pb	1,95	1,93	-5,51	2,48	2,47	1,15
Ti	-1,62	-4,02	-4,29	-1,26	-3,66	-3,93
Zn	1,81	1,85	-0,03	2,47	2,50	0,63

**Tab. 3** Třídy kontaminace podle I<sub>geo</sub> [13]

Hodnota I <sub>geo</sub>	Třída I <sub>geo</sub>	Znečištění sedimentů
≤ 0	0	nekontaminovaný
≤ 1	1	nekontaminovaný nebo středně kontaminovaný
≤ 2	2	středně kontaminovaný
≤ 3	3	středně kontaminovaný až silně kontaminovaný
≤ 4	4	silně kontaminovaný
≤ 5	5	silně kontaminovaný až velmi silně kontaminovaný
≥ 5	6	velmi silně kontaminovaný

**Tab. 4** Průměrné koncentrace kovů a As v sedimentech Labských fluvialních jezer a barevné vyznačení třídy I<sub>geo</sub>

Lokalita	Délka jádra [cm]	Průměrná koncentrace [mg/kg]										
		Ag	Al	As	Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	Ti	Zn	Hg
Vrť 2017	59	8,0	26517	37	2,0	47	32816	35	67	452	221	0,6
Kozelská tůň 2017	57	12,0	24588	86	6,0	125	47805	42	166	546	808	3,6
Němčice 2007	67	2,3	-	20	0,8	61	944	31	76	-	478	0,5
Lžovice A 2007	151	11,2	-	20	4,6	209	890	38	89	-	563	3,9
Lžovice B 2007	103	8,5	-	20	2,2	97	900	33	84	-	557	2,7
Poděbrady 2007	204	2,5	-	37	1,8	85	912	34	96	-	483	1,8
Václavka 2007	67	0,4	-	20	0,2	58	912	30	50	-	310	1,2
Obříství A 2007	163	5,8	-	25	3,1	121	928	43	124	-	594	1,4
Obříství B 2007	187	1,6	-	22	1,6	79	936	29	79	-	629	3,4
Labiště 2002	50	11,4	-	-	2,9	85,8	17860	46	112	-	653	1,3
Doleháj A 2002	30	10,9	-	-	1,0	37	11523	36	100	-	206	0,4
Doleháj B 2002	15	2,0	-	-	0,5	36	20340	42	96	-	204	0,5
Doleháj C 2002	30	3,3	-	-	1,3	42	23060	41	108	-	239	0,2

Průměrné koncentrace kovů závisely na délce odebraného jádra sedimentu. Proto jsou v Tabulce 4 tyto délky uvedeny. Třídy I<sub>geo</sub> jsou vysvětleny v Tabulce 3. Obecně platí, že u většiny zkoumaných Labských fluvialních jezer byly naměřeny vysoké koncentrace stříbra a kadmia. V některých případech byly nalezeny vyšší obsahy rtuti a olova. Vyšší kontaminace sedimentů byly nalezeny hlavně u významných průmyslových zdrojů znečištění, což by odpovídalo vyšším obsahům kovů v Kozelské tůni a Obříství, které se nachází blízko



Spolany Neratovice, a.s. Významné znečištění bylo také nalezeno v Labišti pod Opočinkem [11], které se nachází blízko Synthesia, a.s. v Pardubicích – Semtín. Nejnižší koncentrace kovů byly naměřeny ve Václavce [12], která je zcela oddělena od Labe od druhé poloviny 19. století. Zátěže kovů také ovlivňuje intenzita komunikace jezera s řekou.

## 5 ZÁVĚR

Zkoumaná jezera se svojí rozlohou a objemem řadí k typickým fluviálním jezerům. Plocha Kozelské tůň je však nadprůměrná a je srovnatelná s jezerem Obříství. Kozelská tůň je také hlubší pravděpodobně díky jejímu umístění v dolní části řeky, kde je obvykle měřen vyšší průtok.

Kontaminace z bodového znečištění se od roku 1990 významně zlepšila, ale plošné zdroje znečištění představují stále problém. Díky tomu vykazují fluviální jezera vyšší obsah N-NO<sub>3</sub>. V Kozelské tůni i ve Vrti byly také naměřeny nejvyšší koncentrace N-NH<sub>4</sub>.

Zkoumaná jezera vykazují typický charakter fluviálních jezer, které jsou významně ovlivňovány řekou a antropogenními aktivitami.

Jádro sedimentů odebrané ve Vrti vykazovalo nízké koncentrace kovů a arsenu s pouze malými změnami s hloubkou sedimentu. Naopak v sedimentu v Kozelské tůni byly naměřeny mnohem vyšší koncentrace těchto prvků, což bylo pravděpodobně způsobeno transportem kontaminovaného materiálu při povodních z oblasti u Spolany Neratovice, a.s. Změny zátěže s hloubkou souvisí s vybagrováním sedimentů během 2. poloviny 20. století a také s povodňovými událostmi. Sediment jezera Vrt' nebyl příliš kontaminovaný zřejmě z důvodu absence blízkého zdroje průmyslového znečištění nebo naředění kontaminace řekou Jizerou.

Obecně lze říci, že většina fluviálních jezer Labe vykazovala vyšší zátěže sedimentů stříbrem a kadmíem. V některých jezerech byl také naměřen vysoký obsah rtuti a olova.

Kontaminace sedimentů fluviálních jezer pochází ze starého antropogenního znečištění, které může být remobilizováno během povodní. Z tohoto důvodu představují staré zátěže sekundární zdroj znečištění. Za určitých podmínek nebo při průmyslových haváriích se může změnit pH nebo redoxní potenciál. Stabilní formy toxických kovů se poté mohou stát rozpustnými a kontaminovat tak vodní prostředí. Tyto formy jsou snadněji spotřebovány živými organismy a mohou se tak dostat do potravního řetězce.

Při povodni mohou tyto toxické kovy kontaminovat i přilehlé zemědělské oblasti.

## Literatura

- [1] CHALUPOVÁ, Dagmar. *Chemismus vody a sedimentů fluvialních jezer Labe*. PřF UK, Praha. 2011. Disertační práce.
- [2] JANSKÝ, Bohumír. *Nové trendy geografického výzkumu jezer v Česku*. Geografie - Sborník ČGS. 2005. s. 129-140.
- [3] HAVLÍKOVÁ, Petra. *Srovnávací studie fluvialních jezer středního Polabí horní Lužnice a horní Svatky*. 2011. PřF UK, Praha. 2011. Disertační práce. [online]. Dostupný z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzy/detail/84568>.
- [4] CHLUPÁČ, Ivo a kol. *Geologická minulost České republiky*. Academia, Praha. 2002. 436 s.
- [5] BALATKA, Břetislav. *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Kartografie. Praha. 2006. 79s.
- [6] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Publishing VŠCHT. Praha. 2015. 792 pp.
- [7] LELLÁK, Jakub. *Hydrobiologie*. Karolinum, Praha. 1991. 257 p.
- [8] WETZEL, Ronald. *Limnology*. 2<sup>nd</sup> ed. Fort Worth: Saunders. 1983 ISBN 0-03-057913-9.
- [9] TUREKIAN, Karl. *Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust*. Bull. Geol. Soc. Am. 72, 1961. p. 175–192
- [10] PRANGE, A. *Erfassung und Beurteilung der Belastung der Elbe mit Schadstoffen, Teilprojekt 2: Schwermetalle –Schwermetallspezies, Geogene Hintergrundwerte und zeitliche Belastungsentwicklung*. GKSS, Geesthacht, 1997. 405 s.
- [11] KLOUČEK, Ondřej. *Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů v Labišti pod Opočínkem*. Diplomová práce. PřF UK, Praha. 2003. 86 s.
- [12] KRÝŽOVÁ, Eva. *Vztah vegetace a faktorů prostředí vybraných labských tůní*. Diplomová práce. PřF UK: Praha. 2007. 100 s.
- [13] MÜLLER, G. *Schwermetalle in den sedimenten des Rheins – Veränderungen seit 1971 Umschau*. 1979. s. 778–783.

**ZMĚNY VYBRANÝCH EKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽEB  
RYBNÍKŮ NA SVITAVSKU**  
CHANGES OF THE ECOSYSTEM SERVICES OF PONDS IN SVITAVY  
REGION

**Marian VELEŠÍK<sup>1,✉</sup>**

<sup>1</sup>*Ostravská univerzita, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta,  
Chittussiho 10 710 Ostrava – Slezská Ostrava,  
✉ marian.velesik@osul.cz*

**Abstract**

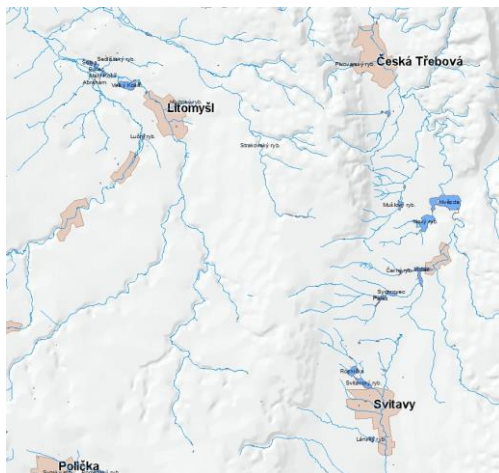
This research aims to describe changes of ponds using of paradigm of ecosystem services in past two centuries. Research area is situated in Svitavy region in the eastern Bohemia. Research idea based on determination of existence and change of ecosystem services ponds in time in each pond systems. Ponds are typical part of Czech landscape and were mostly set up for fish production, but they provided a lot of overlooked services. The intensification of fish pond management led to decrease in the number of ecosystem services.

**Keywords:** ecosystem services, pond, provisioning, regulating, cultural services

## 1 ÚVOD

Rybníky jsou poměrně specifickým útvarem české krajiny. Jako antropogenní prvek v krajině budovaný za účelem poměrně úzkého hospodářského využití, které bylo hlavním smyslem jejich udržování a provozování po celou dobu jejich existence. S použitím prizmatu ekosystémových služeb se účel jejich budování řadí mezi zásobovací služby. Neznamená to, že by rybníky poskytovaly pouze produkční služby a jiné služby u nich neexistovaly, ale jiné služby byly uživateli rybníků reflektovány výrazně méně než zásobovací služby. Rybníky mimoto poskytovaly řadu dalších služeb z kategorie regulačních a kulturních, pro které nebyly budovány. V rámci studie se vychází z definice Millenium ecosystem assesment, která definuje ekosystémové služby jako hmotné a nehmotné benefity získávané lidskou společností z ekosystémů [4]. Koncept ekosystémových služeb je založený na tom, že přínos ekosystémů pro společnost není jen jejich materiální produkce, ale

i další přínosy využívané lidskou společností a běžně nereflaktované při jejich oceňování. Existují čtyři běžně používané kategorie ekosystémových služeb: zásobovací (též produkční), regulační, kulturní a podpůrné[4][5]. Cílem příspěvku je ukázat změny a vývoj rybníků s použitím konceptu ekosystémových služeb a ukázat možnosti tohoto konceptu pro zkoumání změn rybníků s aplikací výzkumu na rybníky v oblasti Svitavska. Není cílem doložit komplexní změny všech ekosystémových služeb, vzhledem k omezenosti prostoru a k praktické nemožnosti dohledání zdrojů ke všem službám.

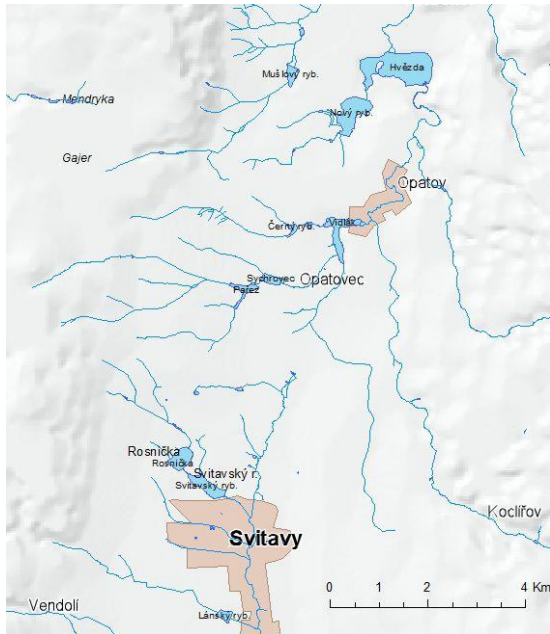


*Obr. 1 Mapa zájmového území s existujícími rybníky*

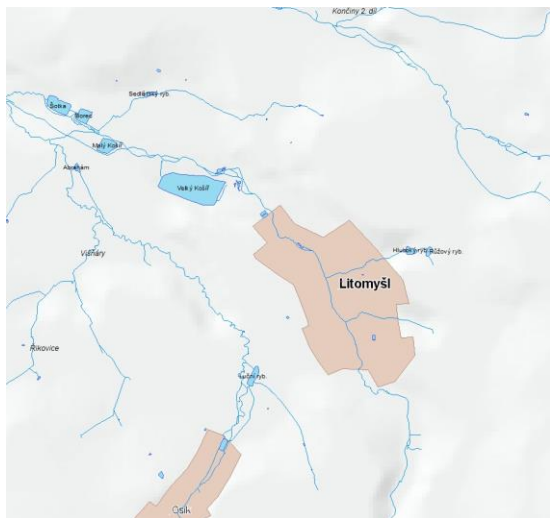
## 2 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Pro potřeby výzkumu byla zvolena oblast Svitavska (obr. 1) ve východních Čechách. Konkrétně rybníky v oblasti obcí Litomyšl, Tržek (obr. 3), Svitavy, Opatov, Opatovec, Hradec nad Svitavou a Janov – Mendryka (obr. 2). Největší a nejvýznamnější soustava rybníků je Opatovská soustava na území obcí Opatov a Opatovec, ve které se nachází třetina sledovaných rybníků v oblasti. V současnosti dosahuje počet rybníků v této soustavě 15 rybníků, ale v minulosti byl tento počet ještě větší a přesahoval počet 30 rybníků [8]. Celkově bylo v zájmovém území ve sledovaném území provozováno přes 70 rybníků. Rybníky v zájmovém území vznikaly v největší míře v období 15. a 16. století a následně ve století dvacátém, kdy se jedná v některých případech o obnovu zaniklých nebo přebudování stávajících zaniklých rybníků. Rybníky ve zkoumaném území se nacházejí v povodí řek Loučné a Svitavy. Území Svitavska byla zvolena,

protože rybníky v jeho oblasti mají podobný vývoj a pro dostupnost dat ke zkoumané problematice.



**Obr. 2** Mapa současné podoby svitavské a opatovské soustavy



**Obr. 3** Mapa rybníků u obcí Litomyšl a Tržek v současnosti

### 3 EKOSYSTÉMOVÉ SLUŽBY

V nejjednodušší charakteristice se ekosystémové služby definují jako benefity, které získává lidská společnost z ekosystémů. Tyto kategorie se dále dělí na jednotlivé služby [4]. Mimo služby uvedené v tabulce níže, jsou vymezovány i další v MAE [4] a TEEB [5] nerefléctované služby.

Vzhledem k tomu, že služby z kategorie podpůrných jsou brány jako základ pro poskytování ostatních kategorií služeb a pro nedostatek dat k jejich zkoumání, není s nimi ve studii dále pracováno.

Důvodem použití konceptu ekosystémových služeb je snaha zachycení rybníků z nové perspektivy, která se nezaměřuje pouze na jeden typ využívání rybníků. Změny ekosystémových služeb umožňující popsat změny rybníků na změnách jejich vazeb se společností, protože koncept ekosystémových služeb je v základu navázaný na vazby mezi ekosystémem společností, přičemž změny v obou složkách této vazby se odrážejí na poskytovaných ekosystémových službách. S poskytováním ekosystémových služeb souvisí i stav břehové pásma a okolí rybníků. Stav okolí rybníků je determinujícím faktem primárně pro kulturní ekosystémové služby, ale hraje významnou roli i při poskytování zásobovacích a regulačních služeb.

*Tab. 1 Členění ekosystémových služeb dle MAE [4] a TEEB.[5]*

<b>Podpůrné služby:</b> oběh živin  tvorba půd  primární produkce  udržování genetické diverzity	<b>Zásobovací služby:</b> dodávky voda produkce dřeva nedřevní lesní produkce produkce technických plodin produkce zemědělských plodin produkce hospodářských zvířat produkce ryb
	<b>Regulační služby:</b> regulace kvality ovzduší regulace globálního klimatu regulace místního klimatu regulace odtoku vody regulace eroze udržování kvality vody ochrana před záplavami zneškodňování odpadních látek/odstraňování živin regulace nosičů nemocí opylování
	<b>Kulturní služby:</b> estetické duchovní a náboženský význam vzdělávací vědecké využití ekosystémů kulturní dědictví a vztah k místu rekreace a cestovní ruch

## 4 METODY PRÁCE

Metody práce vychází z doložení existence ekosystémových služeb v minulosti primárně pomocí historického výzkumu, což znamená provedení systematického přezkoumání a analýzy dostupných historických materiálů a pramenů. Zdroji pro historický výzkum byly archivní prameny a historické mapy. Současný stav byl zjišťován výzkumem v terénu a z dat dostupných od vlastníků a provozovatelů rybníků. Bylo zkoumáno období od roku 1800 do současnosti. Tento časový úsek byl zvolen z důvodu dostupnosti dat. Pro období 18. století a starší existují prameny pouze pro produkční služby. Od 19. století je možné doložit i neprodukční služby. Z historických pramenů je možné služby doložit přímo její existencí. Příkladem je využívání rybníku pro produkční účely, pro rekreaci etc. Druhým případem je doložení služby po jejím zániku. Příkladem je ztráta místa pro rekreaci po zániku rybníka. Další variantou je požadavek na existenci služby u nově zřizovaného nebo obnovovaného rybníka. Tímto způsobem jsou nejvíce dokládány regulační služby a v menší míře služby kulturní. Požadavek na existenci služby je reflektován pouze v případě, že k požadovaným změnám došlo. V případech, kdy v pramenech doložen požadavek na úpravu rybníka s cílem vzniku určité ekosystémové služby, ale ke změně nedojde, není tato služba ve výzkumu zahrnuta [7][8].

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Zásobovací služby

Primární službou poskytovanou rybníky byla a je produkce ryb. Mimo kategorii zásobovacích služeb poskytovaly rybníky služby: dodávky vody, zemědělskou produkci (kterou lze rozdělit na dvě dílčí jednotky, a to rostlinná výroba a živočišná výroba). Další dílčí zásobovací služby jako zdroj rákosu či rybníčních sedimentů, tyto služby jsou zmiňovány jen okrajově a v dílčích případech. Produkce ryb byla určující službou a u rybníků, na kterých je provozovaný managementem, je s jednou výjimkou doložitelná po celou sledovanou dobu. Výjimkou byl dnes již zaniklý Svinský rybník u Opatova, který nikdy ve sledovaném období nesloužil k produkci ryb. Tato služba byla určujícím atributem změn jiných služeb, zejména z důvodu změn její intenzity. V první polovině 19. století je význam produkce ryb obecně nízký a rybníky využívané pouze pro produkci ryb zanikají. V tomto období až do konce 19. století se produkce ryb vyskytuje pravidelně s využíváním rybníčního dna v době letnění pro rostlinnou výrobu [6]. Současný výskyt těchto služeb zaniká při narůstající intenzifikaci produkce ryb po celém území na přelomu 19. a 20.

století. V období druhé poloviny 19. století a počátku století 20. se vyskytují všechny významné zásobovací ekosystémové služby. Produkce ryb a zemědělská rostlinná produkce je doložitelná u všech rybníků. Zásobování vodou je doložitelné jen u rybníků v blízkosti intravilánu obcí. Týkají se buď odběrů pro průmyslovou výrobu a odběrů pro zemědělské účely, které jsou omezovány a zpravidla jsou spjaty se zemědělskou činností vlastníka rybníků. Tyto dvě služby reálně zanikají v první polovině 20. století. V důsledku zrušení letnění zaniká zemědělská rostlinná produkce. Intenzifikace rybní produkce a změny v průmyslu marginalizovaly zásobování vodou z rybníků [7]. Ve 20. století jsou spolu s produkcí ryb rybníky využívány pro živočišnou výrobu, konkrétně vodní drůbeže, která však ani u jednoho ze sledovaných rybníků nedosáhla většího významu. Existují o ní jen dílčí zmínky ze třicátých let a poté z padesátých let v době komunistických experimentů s živočišnou produkcí na rybnících. V současné době je přes 30 rybníků využíváno k produkci ryb. Žádná další zásobovací služba není dnes doložitelná.

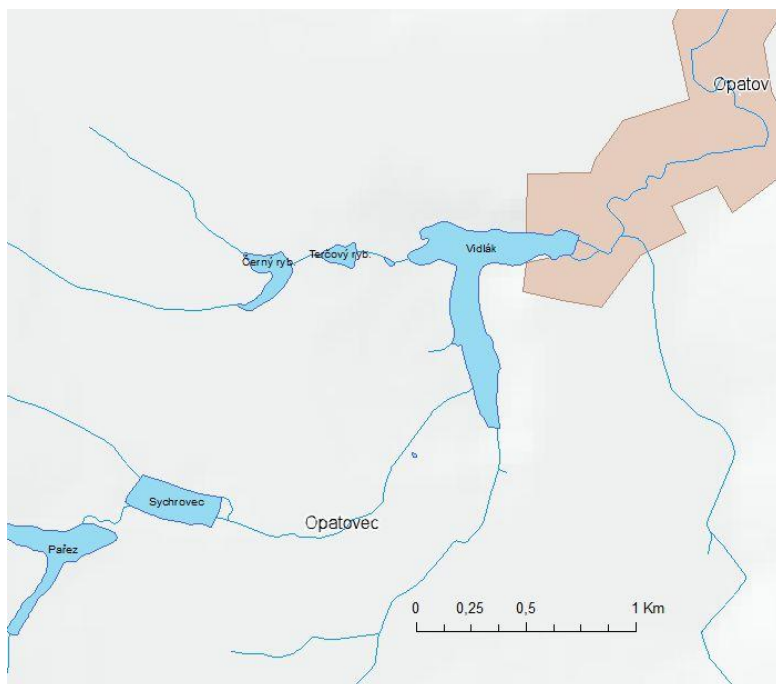
**Tab. 2** Počet rybníků s doloženou ekosystémovou službou v daném období – zásobovací služby

	Produkce ryb	Dodávky vody	Zemědělská produkce - rostlinná	Zemědělská produkce - živočišná
1800-1850	41	7	25	1
1851-1900	36	10	22	6
1901-1950	30	6	17	2
1951-2000	31	2	0	4
současnost	34	0	0	0

## 5.2 Regulační služby

Regulační služby jsou příkladem služeb, jejichž existence a přínos je oceněn až po jeho ztrátě. To je problém týkající se u rybníků služby regulace odtoku vody a zadržování vody v krajině případně regulace místního klimatu. Druhým případem je situace, kdy regulační služby nedosahovaly očekávaných hodnot, příkladem u rybníků je služba regulace průtoku. Zde jsou řešeny pouze dvě služby a to regulace odtoku – zadržování vody v krajině a regulace průtoků. Pro další služby jako je regulace místního klimatu, regulace živelných katastrof, regulace škodlivin etc. není vzhledem k povaze výzkumu dostatek údajů.





**Obr. 4** Rybník Vidlák s přiléhajícími rybníky, u kterých jsou uváděny regulační služby

Pro období do poloviny 19. století se údaje o existenci regulačních služeb objevují velmi vzácně. Ovlivňujícím faktorem je intenzita percepce těchto přínosů lidmi, která je až do osmdesátých let 19. stol. nízká až nulová. Lze najít jen dílčí případy percepce zadržování vody a regulace odtoku u jednotlivých rybníků, které jsou navázány na extrémní klimatické jevy. Ve druhé polovině 19. století a první polovině 20. století narůstá význam regulačních služeb. Tato změna je spjata s poklesem významu produkce ryb. Zároveň ve stejném období narůstá tlak obyvatel žijících v okolí rybníků, aby tyto rybníky poskytovaly přínosy nejenom jejich vlastníkům, ale i obyvatelům žijícím v jejich okolí. Požadavky obyvatel zahrnují zejména zadržování vody a odběry vody z rybníků. V obcích v nichž se rybníky nacházely v intravilánu obcí např. Opatov, bylo jejich vnímání poměrně negativní, protože je mohli využívat jen jejich majitelé. Obce rybníky vnímaly jako možnou hrozbu, zejména v případě zvýšených průtoků panovaly obavy ze zaplavení okolí rybníků či z protržení hráze. U všech obcí ve zkoumaném území existují snahy o zvětšení významu rybníků v případech extrémních jevů. Za prvé, regulací odtoku při zvýšených průtocích a za druhé udržení vody a vlhkosti v oblasti při suchu. Ve všech případech se jedná

jen o jednotlivé rybníky, konkrétně o rybníky Velký Kosíř, Hvězda, Vidlák a Nový rybník. V dílčích případech i o jiné rybníky např. Rosnička, v těchto případech však není existence potvrzena z více zdrojů. U rybníků s rozlohou pod 10 ha je jejich přínos v období konci 19. a počátku 20. století brán jako málo významný až na čtyři výjimky. Těmito výjimkami jsou čtyři rybníky (Černý, Terčový, Sychrovec a Pařez viz obr. 4) nacházející se u rybníku Vidlák jihovýchodně od Opatova. Do poloviny 20. století je vnímána nedostatečná hodnota regulačních služeb, ale od první poloviny 20. století a nejvíce ve druhé polovině je charakteristickým prvkem percepce ztráty služby zadržování vody u zaniklých rybníků a její cenění u existujících rybníků. Tato služba slouží i jako podklad pro zřizování nových rybníků, které nemají sloužit jen k produkci, ale i k udržování vody v krajině [8]. Od roku 1997 je kladen důraz na službu regulace povodňových průtoků. Tento tlak je vázán na velikost rybníků a jejich vzdálenost od obcí. U maloplošných rybníků mimo obecní zástavbu není jejich přínos na regulaci povodní ceněn a tento přínos je navíc poměrně malý.

### 5.3 Kulturní služby

Kulturní služby rybníků jsou: rekreace a cestovní ruch, sportovní rybolov, estetická služba, vztah k místu, vědecká a vzdělávací. Kulturní služby jsou přímo vázané na populaci, bez které by v podstatě neexistovaly. První polovina 19. století je i vzhledem ke společenské situaci obdobím s malým významem kulturních služeb rybníků. Kulturní služby jsou v první polovině 19. století využívány a reflektovány malou skupinou lidí, kterou jsou vlastníci rybníků a jejich příbuzní či lidé zaujímající vyšší postavení v místní společnosti. Přes 50 % rybníků v oblasti v tomto období náleží pod Velkostatek Litomyšl (součást litomyšlského zámeckého panství), jehož majitelé využívají rybníky pro svou rekreaci. Rozvoj kulturních služeb rybníků přináší až konec 19. století, kdy se rybníky stávají místem pro rekreaci a lze doložit i vztah obyvatel k rybníkům jako důležitému místu, a to i v souvislosti s vnímání jejich estetické služby. Zatímco rekreace je vázána na velkoplošné rybníky v blízkosti obcí a to zejména na rybníky u Opatova, tak estetická služba je oceňována i u maloplošných rybníků mimo obce. V první polovině 20. století naráží využívání rybníků k rekreaci na odpor ze strany jejich provozovatelů, kteří upřednostňují produkci ryb před kulturními službami. Do poloviny 20. století dochází k omezení kulturních služeb a to zejména rekreační služby. Neklesá intenzita této služby, ale soustřeďuje se jen na vybrané rybníky a počet rybníků s touto službou klesá z desítek rybníků na jednotlivé rybníky. Ve druhé polovině 20. století tento jev pokračuje, ale mimoto se objevuje nová služba, kterou je využití rybníků pro vědu, vzdělávání a sportovní rybolov. Dochází diverzifikaci jednotlivých služeb,

kdy rybník využívaný pro rekreaci má na nižší úrovni službu využití pro vědu a výzkum než rybník využívaný pro produkci ryb. V zkoumané oblasti je tento rozdíl nejvíce patrný přibližně od roku 1960 do poloviny osmdesátých let [7]. Vztah k místu a estetická služba rybníků se za celé období v podstatě nezměnily, a to i přes výrazné společenské změny, které v oblasti nastaly (vysídlení původního obyvatelstva, dosídlení nových obyvatel etc.). V současné době jsou kulturní služby diverzifikované a neexistuje ve zkoumaném území jediný rybník s dokladem všech kulturních služeb.

**Tab. 3** Počet rybníků s doloženou ekosystémovou službou v daném období – regulační a kulturní služby

	Rekreace	Vědecká a vzdělávací	Estetická	Regulace odtoku a zadržování vody
1800-1850	3	0	2	0
1851-1900	13	0	7	2
1901-1950	27	2	8	13
1951-2000	8	7	6	16
současnost	8	23	8	10

## 6 DISKUZE

Problematika hodnocení změn ekosystémových služeb v minulosti naráží na několik zásadních problémů. Koncept ekosystémových služeb byl vytvořen primárně pro hodnocení současného stavu přírody a jeho krátkodobých změn s využitím široké škály dostupných dat [4]. Při zkoumání dlouhodobých studií vzniká problém s omezenějším množstvím dat, která nemají jednotnou podobu. Proto nebylo přikročeno ke kvantifikaci uvedených služeb. Ekosystémové služby však nabízí novou komplexní perspektivu, která dává jiný pohled na změny rybníků, jejich využívání a vnímání. V příspěvku jsou použity pouze služby vztahující se k rybníkům, ekosystémové služby nevztahující se k rybníkům, nejsou uváděny. Tyto zdroje jsou navíc vázané na lidský faktor, který ovlivňuje informace získané výzkumem, protože s výjimkou zásobovacích služeb je existence ekosystémových služeb vázána na jejich percepci ve společnosti.

## 7 ZÁVĚR

Ve sledovaném úseku dvou set let došlo k rozvoji vnímání a využívání ekosystémových služeb, kdy od využívání pouze zásobovacích služeb došlo k rozvoji i neprodukcčních služeb, a to zejména na přelomu 19. a 20. století. V té době dosahují ekosystémové služby výrazného rozsahu, co se týče kvantity i kvalita a plošného rozložení. S intenzifikací rybí produkce ve 20. století zanikají postupně ostatní zásobovací služby a kulturní služby se omezují jen na vybrané rybníky. V současnosti jsou Kulturní služby soustředěné jen na jednotlivé rybníky a dochází jen k omezenému překrývání s produkcí ryb. Význam regulačních služeb se měnil primárně v návaznosti na extrémní jevy a jejich potřebu pro hospodářství. Hlavními faktory, které určovaly změny ekosystémových služeb rybníků, byly společenské změny a změny v managementu. Výrazně se změnilo vnímání rybníků od krajinného prvku, který slouží jen k výtěžku svým majitelům a pro obyvatele jeho okolí nemá užitek, k místu poskytujícímu širokou škálu využívaných benefitů.

### Literatura

- [1] DAILY, G. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Washington DC. Island Press. 1997. 1-55963-475-8
- [2] HURT, R. *Dějiny rybníkářství na Moravě a ve Slezsku*. I. Díl. Krajské nakladatelství Ostrava. 1960. 274 s. ISBN.
- [3] Hurt R.: *Dějiny rybníkářství na Moravě a ve Slezsku*. II. díl. Krajské nakladatelství, Ostrava, 1960, 323 s.
- [4] MEA (Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and Human Wellbeing: Scenarios*. Island Press, Washington, DC. 2005.
- [5] TEEB -The Economics of Ecosystems and Biodiversity . *Guidance Manual for TEEB Country Studies*. Version 1.0. 2010.
- [6] Zelinka K.: *Rybníky a rybníční hospodářství Litomyšlska, Litomyšl 1977*, s. 38.
- [7] Archivní materiály: Státní okresní archiv Svitavy se sídlem v Litomyšli:  
Fond ONV Svitavy  
Fond ONV Litomyšl  
Pamětní kniha Opatova
- [8] Archivní materiály: Státní oblastní archiv Zámorsk  
Fond velkostatek Litomyšl

# NÁVRH, PROJEKCE A STAVBA MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ V SUBPOVODÍ PŘEDENICKÉHO POTOKA V POVODÍ VODÁRENSKÉHO TOKU ŘEKY ÚHLAVY

DESIGN AND BUILDING OF SMALL WATER RESERVOIRS IN THE  
SUBCATCHMENT OF PŘEDENICKÝ CREEK IN THE ÚHLAVA RIVER  
BASIN

Václav Alexandr MAZÍN<sup>1,✉</sup>

<sup>1</sup>*Státní pozemkový úřad, Krajský pozemkový úřad pro Plzeňský kraj, Pobočka Plzeň,  
Nerudova 35, Plzeň*

✉ *alexandr.vaclav.mazin@seznam.cz*

## Abstract

Presented article offers a comprehensive and complete solution for the rehabilitation of the Přednícký creek riverscape in the catchment of the Úhlava River, which is a significant water-supply watercourse. The Sub catchment of the Přednícký creek can be characterized by its vulnerability to flash floods from torrential precipitation and repeated erosion events. The monitoring of the quality of surface (drainage) water proved the increased occurrence of pesticides or their residues in this area. The proposal, design as well as the construction of water management measures was done within the framework of complex land consolidation between 2008 and 2018. Thus, at a time when the State Land Office branch in Plzeň achieved a high level of implementation of the proposed water management and anti-erosion measures. The cooperation of the river basin management authority, municipality and land owners was crucial for the support of the land consolidation. This case (the process and results of this preparation of the whole concept, proposal, design as well as the implementation) can be used as an example or model for the future planning of remedial and adaptation measures in the agricultural landscape with the aim of soil erosion protection, flood protection, to slowdown the drainage of water from the river basin, to support the water infiltration and accumulation and last but not least to improve the quality of water in water-supply watercourses.

**Keywords:** complex land consolidation, erosion, torrential rain, pesticides

# 1 ÚVOD A LITERÁRNÍ PŘEHLED

Podle ministerstva zemědělství činily povodňové škody za období 1997–2013 celkem 190,7 miliard Kč. V roce 2002 došlo na Předensickém potoce k povodňové události, která způsobila škodu správci povodí ve výši asi 38 mil. Kč a škodu na nemovitostech v obci ve výši asi 9 mil. Kč [1]. Nutno podotknout, že chápání povodňových škod je veřejností, ale i zodpovědnými institucemi vnímané jen z hlediska nemovitého, či movitého majetku. Nenávratné škody na půdě a krajině jako veřejném statku nikdo nevyčísľuje, možná proto, že to ani pořádně nelze. S každou přívalovou srážkou a náhlou erozí půdy se snižují šance na udržitelný způsob zemědělského využívání venkovské krajiny a retenci vody v povodí.

Problematika ochrany vodních zdrojů a ochrany půdy musí být řešena v rámci revitalizace celého prostoru krajiny a povodí [1]. Podobně je tomu při řešení problematiky a sucha. Zkušenosti prokazují, že nejúčinnější nápravná a adaptační opatření jsou ta, která zachycují vodu v horních částech malých povodí. Tedy v místech, kde se rozhoduje o množství odtoku a retenci srážek [2]. Malé vodní nádrže (MVN) jsou součástí hydrologického systému povrchových vod v rámci zemědělského půdního fondu, kde se zároveň vyskytují plošně systematické drenáže s podpovrchovým odtokem. MNV fungují jako významné regulátory živinových a látkových toků. Jednou z jejich funkcí je i retence živin a látek, které se do nádrží dostávají z bodových, plošných a difúzních zdrojů znečištění. Nitráty a ostatní cizorodé látky by měly zůstat ve zdrojových lokalitách, kde mohou být dlouhodobě spotřebovány bez závadného působení na lidské zdraví. Tyto změny ve způsobech využívání zemědělského půdního fondu jsou nezbytné i z ekonomického hlediska, protože by snížily obrovské finanční prostředky potřebné na odstraňování pesticidů, nitrátů a ostatních cizorodých látek v úpravnách vody.

Subpovodí Předensického potoka je součástí povodí vodárenského toku řeky Úhlavy, která je zdrojem pitné vody pro město Plzeň. Dlouhodobý monitoring Magistrátu města a Povodí Vltavy s. p. však vykazuje zvýšený výskyt především pesticidních látek nad přístupné množství. Screeningový monitoring v povodí řeky Úhlavy započal v roce 2012 a reagoval na situaci vzniklou ve vodárně, kdy sezónně byly překračovány některé hygienické limity jednotlivých pesticidních látek (dlouhodobé roční průměry však nikoliv). Na základě znaleckého posudku pak Krajská hygienická stanice (KHS) stanovila mírnější hygienické limity. Toto povolení časově omezila.

Malé vodní nádrže s retenčním prostorem jsou jedny z neefektivnějších společných zařízení pozemkových úprav, ale jedině tehdy, když jsou navrhovaná v rámci soustav opatření agrotechnické a organizační povahy, tak aby byl

naplněn jejich synergický efekt v subpovodí. Vysoký účinek na retenci vody a zpomalení odnosu cizorodých látek v povrchové a podpovrchové vodě v nejvyšších partiích povodí mají drobné nádrže napájené vodou z melioračních soustav na kanálech hlavních melioračních opatření. Podobně vysoký účinek na zpomalení odtoku povrchové vody mají zatravněné přejezdné průlehy kombinované s protierozními mezemi. Tyto typy biotechnických opatření jsou na Předenicím potoce vybudovány v rámci komplexních pozemkových úprav.

## 2 MATERIÁL A METODY

Obec Předenice se nachází v ochranném pásmu vodárenského toku Úhlavy a je situovaná na soutoku Předenickeho potoka a řeky Úhlavy. Vzhledem k opakujícím se povodním, bylo toto nejhroženější místo vytipováno ZVHS do protipovodňového programu MZe ČR na období 2002–2012.

Nejvhodnějším koncepčním podkladem, zmíněným také ve věcném záměru studie, byly územně analytické podklady (ÚAP), zadávané obcemi jako zásadní rozborový materiál pro zpracovatele územního plánu. ÚAP zpracovávají území ze všech existujících faktorů a metod hodnocení krajiny bez ohledu na to, zda určitý jev se v území vyskytuje, nebo nikoliv, čímž je vyloučena případná chyba nebo nedostatek.

Celkové vyhodnocení charakteristiky povodí Předenickeho potoka:

- Markantní rozdíly v území v zastoupení lesů a zemědělské půdy a tedy neobjektivní koeficient ekologické stability.
- Rozvodnice dvou velkých povodí s urychleným a soustředěným odtokem vody.
  - Zranitelná oblast z hlediska infiltrace dusíku (NITRÁTOVÁ SMĚRNICE).
  - Zvýšený obsah pesticidních látek (potvrzeno monitoringem Povodí Vltavy s. p. a Magistrátu města Plzně). Předenicke potok má v celkové sezónní bilanci dílčí příspěvek pesticidů v povodí Úhlavy 0,6 %. Z hlediska celého povodí patří k méně významným přispívatelům.
  - Nebezpečí tvorby bleskových povodní z přívalových srážek vzhledem k morfologii terénu a intenzitě zemědělského využívání (potvrzeno evidovaným případem – Monitoring eroze, SPÚ).
  - Vysoké procento zornění (až 83%) a silná až extrémní erozní ohroženost na části území (LPIS). Potřeba změny technologie obhospodařování půdních bloků.

- Bonitně kvalitní půdy v rámci kraje (vysoká produkční schopnost půd – údaj BPEJ)
- Příležitost pro návrh a realizaci protipovodňových a protierozních opatření.
  - Celkově se jedná o území s příznivým životním prostředím, bez většího hospodářského rozvoje a s nižší soudržností obyvatel (SWOT, indikátory ÚAP).
  - Územní plány obcí řeší pouze území v blízkosti obce.
  - Nutné navázat na návrhy společných zařízení v sousedních území, kde jsou prováděny komplexní pozemkové úpravy.

Plán oblastí povodí a programy opatření pro správní obvod Plzeňského kraje (2009) uvádí:

- Celkový stav útvarů povrchových vod (potenciálně nevyhovující)
- Celkový stav útvarů podzemních vod (nevyhovující)
- Obce dostatečně chráněné před povodněmi (Předenice – niva - počet ohrožených objektů 251)
  - Cílová ochrana zastavěných území (Předenice – Úhlava Q<sub>20</sub>)
  - Oblasti s urychleným odtokem (Netunice, Předenice, Střížovice u Plzně)
  - Navržená protipovodňová opatření (Předenice BE 200012, úprava toku, suché a polosuché poldry, náklady 14,5 mil. Kč)

Největší povodňové ohrožení přináší Předenický potok, který se opakovaně rozlévá při větších srážkách a ohrožuje obytné objekty a sádky ČRS. Úseky zatrubněného koryta Předenického potoka v intravilánu Předenic jsou zcela nedostatečné k převádění povodňových průtoků.

### **3 STANOVENÍ CÍLŮ KOMPLEXNÍ POZEMKOVÉ ÚPRAVY V KATASTRÁLNÍM ÚZEMÍ PŘEDENICE**

Pozemkový úřad zadal studii *využitelnosti veřejně dostupných podkladů* pro vypracování zadávací dokumentace návrhu komplexních pozemkových úprav pro území čtyř katastrálních území, která navazují na sebe. (Střížovice u Plzně, Netunice, Nebílovy a Předenice – vše okres Plzeň-jih). Celkovým záměrem studie bylo vytvořit podklad pro rozhodování pozemkového úřadu v předpřípravném období výběru území pro komplexní pozemkovou úpravu ve větším územním celku. Vyhodnocením koncepčních materiálů vyššího územně správního celku kraje a obce s rozšířenou působností se docílilo stanovení zásadních směrů a priorit v konkrétním zájmovém území a zároveň se tak



pozemkový úřad a zpracovatel vyvaroval chyb při dimenzování a projektování konkrétních společných zařízení.

Směna pozemků pro trvalý zábor pro jednotlivé stavební objekty byla hlavním důvodem žádosti obce Předenice o zahájení pozemkových úprav. Tento požadavek a cíl pozemkové úpravy byl vyřešen v návrhu nového uspořádání. Vlastní realizace mělo provádět Povodí Vltavy, státní podnik, závod Berounka v součinnosti s obcí Předenice.

Strategické cíle stanovené v přípravné etapě komplexní pozemkové úpravy vychází z koncepčních materiálů, plánů, studií a monitoringů:

- pro navržená protipovodňová a nápravná opatření vyčlenit pozemky státu a obce, tak aby je bylo možné po realizaci staveb a opatření předat správci Předenického potoka
- rozhodnutím o výměně vlastnických práv provést organizační rozmístění zemědělských pozemků a změny druhů pozemků a jejich způsobů využití tak, aby se zlepšily podmínky pro ochranu půdy a vody a snížila se rychlost odtoku povrchové a podpovrchové vody.

## 4 VÝSLEDKY

Již v přípravné etapě komplexních pozemkových úprav bylo předpokladem úspěšného výsledku podmínkou navázání kvalitních partnerských vztahů mezi obcí Předenice, správcem povodí a vodních toků Povodí Vltavy s. p. závod Berounka a Krajským pozemkovým úřadem pro Plzeňský kraj, Pobočka Plzeň. V období této přípravy byl správcem toků v subpovodí Předenického potoka ještě Zemědělská vodohospodářská správa Plzeň, která byla později transformována do Státního pozemkového úřadu Odboru vodohospodářských staveb. V neposlední řadě bylo další podmínkou pro úspěšné jednání a realizaci všech vodohospodářských a protierozních opatření zájem a ochota ke spolupráci převážné části vlastníků a nájemců pozemků v obvodu pozemkových úprav.

Na území obce byly po roce 1991 provedeny opakovaně jednoduché pozemkové úpravy bez vlastnických výměn pro několik soukromě hospodařících zemědělců a místní komunita měla důvěru v procesní projednávání, které vedl pozemkový úřad.

### 4.1 Návrhová etapa v rámci komplexních pozemkových úprav a plán společných zařízení

Úseky koryta Předenického potoka byly zcela nedostatečné k převádění povodňových průtoků. Pro zabezpečení intravilánu obce proti povodňovým

škodám byla nezbytná celková rekonstrukce úpravy koryta Předenickeho potoka a přítoku z rokle v zastavěném území. Povodí Vltavy, státní podnik, jako správce povodí a toku připravoval na Předenickeém potoce v rámci protipovodňových opatření investiční akci s názvem „PPO Předenice“.

Plán společných zařízení převzal návrhy a prováděcí dokumentace protipovodňových opatření z „Protipovodňového plánu Předenice“ vycházející z územního plánu obce. Zároveň byl údaj o potřebě výstavby poldru na Předenickeém potoce převzat z Protipovodňového plánu Krajského úřadu Plzeňského kraje a z Územně analytických podkladů Krajského úřadu. Do širšího zájmového území, které má přesahy na pozemkové úpravy a týkaly se budoucích investorů, zasahovaly tyto navržené stavby a opatření:

#### **A. Předpokládaný investor Povodí Vltavy státní podnik, závod Berounka**

Správce Předenickeho potoka je Povodí Vltavy s. p. Protipovodňová opatření a zkapacitnění potrubí byla navržena v dolní části potoka. Jedno z opatření upravující tok bylo v zastavěné části obce a druhé opatření polosuché nádrže těsně za hranicí intravilánu a sádkami rybářů bylo již v obvodu pozemkových úprav.

SO-2 Úprava toku v zastavěné části obce – v úseku zaústění Předenickeho potoka do Úhlavy v zastavěné části obce. Toto opatření je mimo obvod pozemkových úprav. Lichoběžníkové koryto v dl. 60,0 m se zpevněním svahů do patky z lomového kamene včetně prahů, šířky ve dně 1,0 m se sklony svahů 1:1,5.

SO-3 VN 1 Polosuchá nádrž na Předenickeém potoku. Potok je ve správě Povodí Vltavy s. p. Hlavní funkce protipovodňová, ochrana rybářských sádek a zastavěné části obce. Částečná retardace extrémních průtoků.

#### **B. Předpokládaný investor Státní pozemkový úřad pro Plzeňský kraj**

Směna pozemků pro trvalý zábor pro jednotlivé stavební objekty je hlavním důvodem žádosti obce Předenice o zahájení pozemkových úprav. Tento požadavek a cíl pozemkové úpravy byl vyřešen v návrhu nového uspořádání. Vlastní realizace mělo provádět Povodí Vltavy, státní podnik, závod Berounka v součinnosti s obcí Předenice. Protipovodňový a protierozní účinek budou mít dále společná zařízení zvyšující retenční schopnost krajiny, která v důsledku snižují kulminační průtok při přívalových deštích:

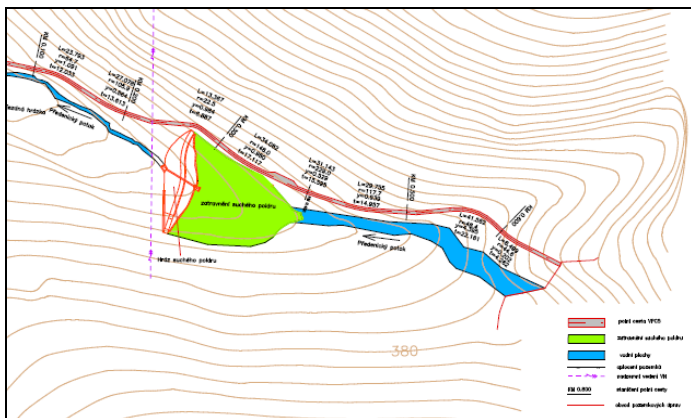
- PEM 1 protierozní mez se zasakovacím průlehem v lokalitě „Na zlemankách“ navržena kombinace zasakovacího travního průlehu, který bude přejezdný, v kombinaci s mezí osázenou ovocnými stromy. Hlavní funkce je protierozní. Prvek je navržen na orné půdě uprostřed půdního bloku, v místě. Kde se opakovaně vyskytují erozní jevy.

- hlavní polní cesta HPC 1 se třemi zasakovacími jámkami (vsakovací galerie) a záchytným zasakovacím pásem PEM 2. Hlavní funkce dopravní, zpřístupnění nemovitostí, prostupnost krajiny, zpřístupnění lesa. Vedlejší funkce, protipovodňová, zmenšení množství vody přitékajícího při extrémních srážkách do zastavěné části obce a podpora vsaku vody. Galerie plastových krabic v jámách budou zachytávat vodu z přívalových srážek odtékající cestním příkopem a zmírní se tak celkové množství vody přitékající do zastavěné části obce. Předpokládaný investor soukromí vlastníci pozemků:

- soustava tří malých vodních nádrží V1 (obr. 1), V2 a V3 a čtyřech tůní na drobném vodním toku v líniovém prvku rokle. Vlastník a investor pan J. Voch. Jedná se přirozené nebo upravené, bezejmenné, drobné vodní toky pramenící v komplexu lesů. Pozemková úprava vyčlenila na přání vlastníků pozemky na toku, který je ve správě Povodí Vltavy s. p. Vlastní stavbu nádrží a tůní investoval vlastník pozemků.

### C. Neinvestiční opatření na parcelách vlastníků

Travnatý zasakovací pás nad stávající zástavbou při silnici III/18027 do Štěnovic. Protipovodňové opatření jako ochrana před erozními událostmi, při kterých dochází k zanesení silničních příkopů a kanalizace v zastavěné části obce. Množství vody se sníží max. o 10 %, ale přitékat by měla jen čistá voda. Zalesnění na parcele KN 82/1. v místech erozního ohrožení. Vlastník pozemku V. Motlík. Takto byl v roce 2011 schválený zastupitelstvem obce Předence a všemi dotčenými orgány státní správy plán společných zařízení. Dále jsou uvedeny příklady dvou opatření navržených plánem společných zařízení v roce 2011.



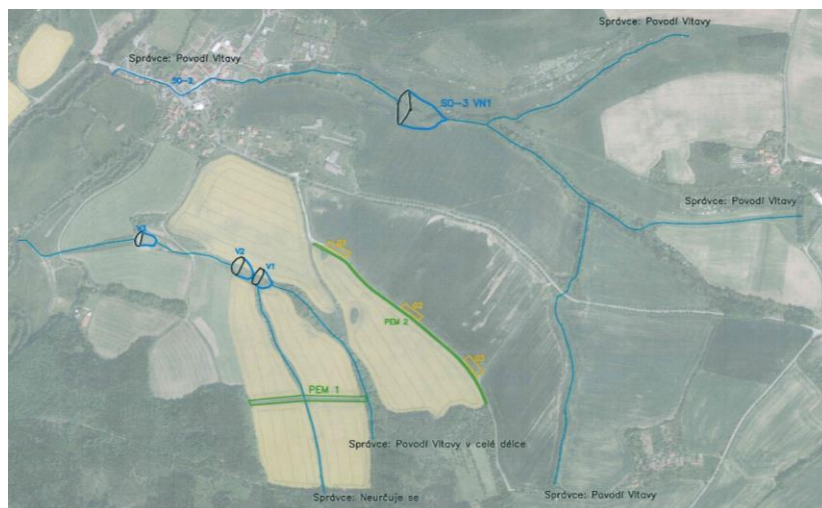
*Obr. 1 Polosuchá nádrž VN 1 s protipovodňovou funkcí situovaná nad zastavěnou částí obce*

## 4.2 Projektční příprava a průběh realizace navržených společných zařízení

V roce 2012 byl schválen vlastníky návrh nového uspořádání pozemků jako výsledek výměn pozemků a prostorově funkční optimalizace jejich hranic a způsobů využití a bylo zapsáno rozhodnutí pozemkového úřadu do katastru nemovitostí. Tím vznikly majetkoprávní podmínky pro realizaci všech nově navržených protierozních a vodohospodářských opatření a staveb.

Pozemkový úřad zadal u oprávněných osob s příslušnou autorizací zpracování projektů na polní cesty a mez do úrovně stavebního povolení a jako investor požádal o stavební povolení příslušný stavební úřad. V průběhu roku 2012 zjistilo Povodí Vltavy s. p. závod Berounka, že navržená polosuchá nádrž VN 1 na Přednickém potoce funkcí nevychází z hlediska předpisů ekonomické návratnosti investic. Následovalo složité převádění pozemku pod budoucí stavbou na Státní pozemkový úřad, aktualizace prováděcí dokumentace stavby na podmínky Programu rozvoje venkova Evropských strukturálních fondů a investiční a rozpočtová příprava Pobočky Plzeň Krajského pozemkového úřadu pro Plzeňský kraj.

Přehled provedených staveb a opatření dokumentuje snímek ortofotomapy se zákresy.



**Obr. 2** Snímek skutečného stavu 2017 před dokončením staveb polosuché nádrže VN1 a V1 a V2. Zákresy realizovaných opatření jsou schématické. Snímek dokladuje vysoký podíl orné půdy a půdních bloků osetých řepkou.

#### 4.2.1 Protierozní mez se zasakovacím průlehem PEM 1 (investor Státní pozemkový úřad)

Původní stav jaro 2013 – pohled na dlouhý erozně ohrožený svah, na kterém byly v minulosti meze s ovocnými stromy. Mez rozdělila nepřiměřeně dlouhou délku půdního bloku a plní funkci zachycení erozních splavenin a částečného zasakování povrchového odtoku (obr. 3).



*Obr. 3 Osázení ovocnými stromy a osetí travou*



*Obr. 4 Vsařovací jáma s galeriemi a fólií před zasypáním*

#### **4.2.2 Hlavní polní cesta HPC 1 se zasakovacími galeriemi G1, G2 a G3 a zasakovací travní pás (investor Státní pozemkový úřad)**

Polní cestu bylo potřebné postavit z důvodů dopravních. Spojuje dvě sousední obce a lesní komplex patřící k obci. Cesta je trasovaná po spádnici, a má svůj příkop. Tím má z hlediska zadržení vody a vsaku negativní funkci. Navíc cestní příkop zaústíje do silničního příkopu v zastavěné části obce, což způsobuje problémy při přívalových srážkách. Z těchto důvodů byly do svodného cestního příkopu vloženy tři vsakovací jámy vyplněné galeriemi z PVC, do kterých je svedena voda (obr. 4).

#### **4.2.3 Polosuchá nádrž VN 1 se záchytnými tůněmi a přehrázkami na Předenicím potoce (investor Státní pozemkový úřad)**

Toto biotechnické opatření je z hlediska adaptace na klimatické dopady a nápravy negativních způsobů využívání neefektivnější. Hlavní funkce je protipovodňová, ale je zřejmé, že splňuje i funkci zadržení, akumulace a vsaku vody. Podobně plní i funkci odbourání cizorodých látek odtékajících v povrchové vodě z polí a podpovrchové vodě z melioračních soustav. Správcem toku je Povodí Vltavy a.s.

Z těchto důvodů je v článku věnována popisu opatření větší pozornost a to především v postupu stavebních činností.

##### ***Popis území stavby***

Stavba se nachází v aktivní zóně záplavového území a je vystavena povodňovým událostem. Pro zabezpečení intravilánu obce proti povodňovým škodám nezbytná celková rekonstrukce úpravy koryta Předenicího potoka a přítoku z rokle v zastavěném území již byly provedeny a to na  $Q_{100}$ . Pro převedení průtoku v úrovni  $Q_{100}$  byl proveden nový trubní odpad a zkapacitnění otevřeného koryta a to s podporou poldru nad obcí. Objem poldru neumožní úplné zachycení objemu povodňové vlny, ale jeho zpoždění. Vzhledem ke značným přítokům a objemům povodňové vlny je problematické transformovat průtoky vyšších povodní. V daném případě se bude jednat pouze o zploštění vlny.

V rámci stavby došlo k záboru půdního fondu v místě zátopy poldru. Dále došlo k dočasnému záboru zemědělské půdy po dobu výstavby a to v místě přístupové provizorní komunikace ze silničních panelů.

##### **Celkový popis stavby**

Stavba slouží ke vzdouvání vody za účelem protipovodňové ochrany a zachycování splavenin. Zároveň plní funkci lokálního biocentra a biokoridoru územního systému ekologické stability. Hráz je navržena v délce 106 m, šířky

v koruně 4 m, se sklony svahů 1:3, s bezpečnostním přelivem (obr. 5). Na přítoku poldru je navržena záchytná tůň a 5 ks přehrážek, které revitalizují umělé příkop.

Přístup ke stavbě musel být řešen mimo místní komunikaci, která byla čerstvě rekonstruovaná obcí, a nebyl dán souhlas s jejím využitím. Součástí projektu a podmínkou stavby byl dočasný zábor na orné půdě vlastníka pana Šilhánka. Ten byl účastníkem pozemkových úprav a svolil k tomuto zásahu do jeho vlastnických práv.

Hráz nádrže je provedena jako zemní. Část materiálu byla odtěžena ze zátopy poldru. Návodní líc je zpevněn rovinaninou z lomového kamene od patky do úrovně maximálního vzduť. Bezpečnostní přeliv je zřízen v šířce 11,0m z lom. kamene včetně zpevnění vzdušného líce. Pod přelivem je zajištěna pata hráze zpevněním části svahu včetně patky v dl. 60,0 m. Stávající drenáž je podchycena a svedena pod hrázi v dl. 120,0 m. Objekt výusti je navržen jako betonový s obkladem kamenem, s dvojitou řadou dluží a přístupovou lávkou. Výsadba byla provedena v počtu 80 ks keřů a 80 ks stromů v prostoru občasně zátopy hráze. Celkem se pokácelo 80 ks stromů. Odstraněny byly pouze porosty zasahující do plochy stavebního zásahu v místě trvalé zátopy poldru.



*Obr. 5 Výkop pro zavazovací ostruhu hráze a těsnící jádro hráze*

Povodňový řád byl zpracován v naprostém souladu s návrhem postupu výstavby hráze. Zvláštní pozornost při výstavbě hráze byla věnována přejímce prací před zakrytím, zejména základové spáry hráze, jednotlivých vrstev při

sypaní, objektů a zařízení v hrázi a jejich důkladné dokumentaci v dokladech o průběhu prací.

Celkově lze konstatovat, že se stavba závažnějším způsobem na charakteru krajinného rázu území neprojevila, spíše naopak. Do krajiny byla vložena vodní komponenta a pozitivně se ovlivnil pocit pohody. Zvýšila se i hodnota lokálního biokoridoru v rámci územního systému ekologické stability.

#### **Následná péče o výsledky projektu v období udržitelnosti projektu**

Součástí povinností vlastníka (obce) je péče o zatravněné plochy, jak hráze, tak i ploch zátopy, kamennou rovnaninu, kamennou dlažbu, hrazení včetně příslušných objektů (včetně zajištění manipulace dle řádu), průchodnosti přelivu a požeráku s odtokovým potrubím, včetně péče o vodní plochu trvalého nadržení. Bude nutné občasné pročištění záchytné tůně a odstranění sedimentu zachyceného na přehrázkách.

#### **4.2.4 Soustava třech malých vodních nádrží a čtyřech tůní V 2, V3 a V 4 na drobném bezejmenném potoku**

Ve východní části katastrálního území v obvodu pozemkových úprav je údolnice dvou drobných bezejmenných vodních toků ve správě Povodí Vltavy s.p. Morfologicky se jedná o úžlabí uprostřed velkých půdních bloků orné půdy, do kterého jsou svedeny plošné meliorace. Požadavkem vlastníků bylo, vytvořit pozemky pro výstavbu malých vodních nádrží a tůní. V roce 2017 pak pan J. Voch postavil tři malé vodní nádrže a čtyři tůně (obr. 6). Tato soustava nádrží má hlavní funkci retenci povrchové a podpovrchové vody z meliorací a tím působí jako účinné opatření pro postupné rozkládání pesticidních látek a nitrátů.



*Obr. 6 Jedna z třech malých vodních nádrží v úžlabí, napájená vodou z meliorací*



## 5 DISKUZE A ZÁVĚR

Uvedený článek měl za cíl popsat průběh procesu navrhování, projekce, majetkoprávní přípravy a realizace soustavy vodohospodářských opatření na malých vodních tocích, které jsou součástí zemědělského půdního fondu. Tyto navazující činnosti probíhaly v rámci komplexních pozemkových úprav. Představa laické, ale bohužel i odborné veřejnosti, o tomto složitém procesu od investičního záměru ke kolaudaci stavby a jejímu předání uživateli, je velmi zkreslená. Máme řadu analytických, koncepčních a programových materiálů, které však postrádají reálný časový a věcný harmonogram, protože chybí užité vzory. Předložený postup a jeho výsledky přesahují pouhé technické řešení a procesní postupy ve správním řízení, ale je reálným výsledkem tvůrčí práce všech partnerů. Postup lze opakovaně využít pro další projekty nápravných a adaptačních opatření a dotační programy.

Necelých třicet let po změně politického zřízení a reformě veřejné správy jsou stále více složité mezirezortní vztahy ve věcech správy povodí, která tvoří zemědělský půdní fond. Jakékoliv aktivity v investičních záměrech uprostřed zemědělské krajiny jsou limitované vlastnickými vztahy k pozemkům, právy nájemců a podnikatelskými záměry zemědělců, kteří jsou příjemci dotací na půdu. Podobně složitá situace nastala ve správě vodních toků a melioračních opatření, kdy meliorační detail patří vlastníkům pozemků, hlavní meliorační zařízení Povodí s.p., obcím, lesům, nebo dokonce církvím. Vlastní koryta těchto vodních útvarů jsou pak ve vlastnictví desítek a stovek fyzických osob.

V rámci zpracování návrhu pozemkových úprav byly identifikovány všechny negativní jevy, které se v subpovodí vodárenského toku mohou vyskytovat. Zároveň je možné konstatovat, že v řešeném území bylo dosaženo vysoké míry realizace navržených opatření v rámci pozemkových úprav. V tomto směru byla pozemková úprava úspěšná.

Je třeba se však zamyslet nad tím, zdali byly dosaženy strategické cíle stanovené všemi vládními materiály na úseku ochrany půdy a vody. V tomto směru je společensky nezbytná radikální změna způsobů využívání zemědělské půdy ze strany zemědělců. Samotná biotechnická, vodohospodářská a půdoochranná opatření vybudovaná v rámci pozemkových úprav nemohou vyřešit zásadní problémy nešetrné a neracionálně využívané krajiny. Odborníci se shodnou na tom, že rozhodující účinek na požadovanou změnu kvality půdy a vody má matrice zemědělské půdy.

### Literatura

- [1] KVÍTEK T., 2013. *Povodně a retence vody v krajině*. Pozemkové úpravy 3/2013 ČMKPÚ [www.cm KPU.cz](http://www.cm KPU.cz)
- [2] MAZÍN, V., 2002. *Závěrečná zpráva o povodni na území okresu Plzeň jih*, Okresní úřad Plzeň jih, § 76zák. 254/2001 Sb.

# VÝSADBY A ZAJIŠTĚNÍ VODNÍCH PRVKŮ V BIOCENTRECH

## PLANTING AND IMPLEMENTATION OF WATER ELEMENTS IN BIOCENTRES

Zdeněk JAHN<sup>1,✉</sup>

*<sup>1</sup>Státní pozemkový úřad, Krajský pozemkový úřad pro Středočeský kraj a hlavní město  
Praha, Pobočka Nymburk, Soudní čp. 17, 288 00 Nymburk  
✉ z.jahn@spucr.cz*

### Abstract

The paper presents the activities of the Nymburk State Land Office branch and examples of biocenter establishment. Specifically in three cases, it is presented how these biocentres are enriched with water elements. In the first case, it is an appropriate choice of habitat to establish a new biocentre so that it already contains the water element. In the village of Netřebice in the Nymburk District, the biocenter was planted directly at the already existing water element - Velenický stream. In the village of Choťovice in the Kolín district, formerly the Nymburk district, a procedure is presented where the water element - water reservoir IP4 is first built, and then the biocentre and biocorridor are planted in the surroundings. The third case is an example of a variant where there is no water element in the surrounding area and due to the location of the biocenter on the slope, the water in the biocenter is provided for at least part of the year in the form of wetlands and pools with the rainwater inflow. Technical treatment in the form of a detention trench on the newly planted area and the drainage of the surrounding paths is the surface water directed in this case to a former clay mining pit, which is located in the middle of the biocentre.

**Keywords:** water element, planting, biocentre

## 1 ÚVOD

Hlavní činností pobočky SPÚ v Nymburce jsou komplexní pozemkové úpravy. Po zapsání každé pozemkové úpravy do katastru nemovitostí realizujeme plány společných zařízení. Jedná se o výstavbu hlavních a vedlejších polních cest zajišťujících přístup ke všem pozemkům, výsadbu prvků ÚSES (biocenter, interakčních prvků, biokoridorů, větrolamů, liniové zeleně) a

výstavbu vodohospodářských opatření (záchytných příkopů, obtokových kanálů, suchých retenčních nádrží, rybníčků, tůní). Celý proces zpracování pozemkových úprav od zahájení po realizaci je velice složitý a časově i finančně náročný. Limitujícími faktory tohoto procesu jsou především finanční prostředky, nedostatek státní půdy v jednotlivých katastrech, nedostatečný počet pracovníků poboček, stále složitější administrativa jednotlivých akcí (PRV, zadávání veřejných zakázek, stavební řízení a další).

Činnost naší Pobočky Nymburk bych rád na tomto semináři prezentoval na třech vybraných realizovaných společných zařízeních.

## 2 VÝSADBY BIOCENTER

V okresech Praha-východ a Nymburk používáme dva základní způsoby zakládání biocenter. Jsou jimi výsadba pomocí lesnické techniky a výsadba s využitím zahradnické techniky.

### 2.1 Lesnická technika výsadby

Při tomto způsobu výsadby je počítáno se strojovou nebo ruční výsadbou do jamek nebo rýh modelovými počty sazenic na 1 ha ve skupinové směsi. Výsadba probíhá zalesněním s následnou údržbou a dosazováním po dobu tří let. Počty mladých sazenic stromů a keřů jsou 10000–12000 ks/ha, velikost nadzemní části je do 50 cm a minimální tloušťka kořenového krčku podle druhu činí 6–8 mm. Počty sazenic a jejich nejmenší rozměry jsou odvozeny z vyhlášky platné v době výsadby MZe č.82/1996 Sb.. Při použití krytokořeného sadebního materiálu lze uvedené minimální počty sazenic snížit až o 20 %. Nevýhodou tohoto způsobu výsadby je vysoká spotřeba sadbového materiálu i brzká a častá údržba hustého porostu prořezáváním.

### 2.2 Zahradnická technika výsadby

Při tomto způsobu výsadby je počítáno s ruční výsadbou do jamek podstatně menším množstvím sadby na jednotku plochy, než je tomu u lesnické výsadby. Výsadba je prováděna střídavě v pásech s travnatými pruhy pro zajištění dobré údržby, místy jsou vytvářeny travnaté palouky. Vysazuje se přímo nebo za použití folie a mulčuje se kůrou. Počty vzrostlejších sazenic stromů a keřů se pohybují v rozmezí 2900–5200 ks/ha podle toho, jak velká plocha biocentra je ponechána v trvalém travním porostu. Výsadba probíhá najednou v průběhu jednoho roku s tříletou údržbou. Nevýhodou zahradnické výsadby je poměrně drahý kvalitní a objemný výsadbový materiál. Naopak údržba bývá jednodušší a levnější.



*Obr. 1 Příklad výsadby pomocí lesnické techniky – LB v katastrálním území Dřevčice (Praha-východ)*



*Obr. 2 Příklad výsadby pomocí zahradnické techniky - 2BC2 v katastrálním území Netřebice (Nymburk)*

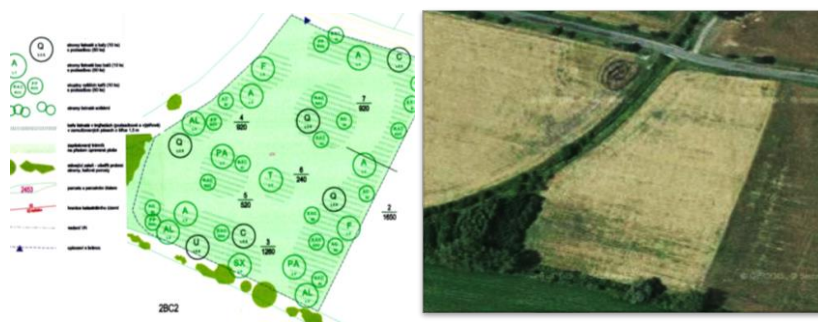
### **3 ZAJIŠTĚNÍ VODNÍHO PRVKU V BIOCENTRECH**

Mezi vodní prvky v biocentrech počítáme vodní toky, tůňe, mokřady a malé rybníčky. Existence vodních prvků v biocentrech vytváří podmínky pro vznik

druhově pestrého biotopu. Vodní prvky obohacují biocentra o vodní flóru, faunu a napomáhají zadržovat vodu v krajině. Nejjednodušší metodou, jak zajistit v biocentrech vodní prvky, je vhodný výběr stanoviště pro budoucí biocentrum například s již existujícím vodním prvkem. To však není vždy reálné. Na třech příkladech námi založených biocenter lze demonstrovat možnosti řešení tohoto problému.

### 3.1 Lokalita pro založení biocentra s již existujícími vodními prvky

Jako příklad byl vybrán lokální biocentrum „Na ostrově“ 2 BC-2 v k. ú. Netřebice v okrese Nymburk. Biocentrum bylo vysázeno na orné půdě na parcele KN č. 1241 o výměře 2,36 ha. Biocentrum čtvercového tvaru je situováno podél potoků Velenický a Zádušní. Projekt počítal s 60 % plochy stromů a keřů a 40 % trvalých travních porostů. Skladba dřevin odpovídá svou pestrostí původním přirozeným druhům, které se v této lokalitě vyskytovaly. Celkem bylo použito cca 200 stromů a 6800 keřů. Největší zastoupení stromů má dub zimní 30 ks, habr obecný 20 ks, javor babyka 40 ks, olše lepkavá 30 ks, třešň ptačí 20 ks a lípa srdčitá 20 ks. Keře jsou zastoupeny ptačím zobem 650 ks, meruzalkou horskou 600 ks, lískou obecnou 650 ks, svídou obecnou 680 ks, trnkou 700 ks, vrbou nachovou 700 ks a kalinou tušalaj a obecnou 1200 ks. Zakládání biocentra probíhalo v roce 2004 do připravené půdy na folie a bylo doplněno mulčováním kůrou. Popěstební péče byla ukončena v roce 2007. Původní zanedbané břehové porosty byly ošetřeny, zbaveny nežádoucích druhů a začleněny do daného prvku USES. Uspořádání porostů podél Velenického potoka je řešením podřízeno požadavku správce toku na zachování volného přístupu pro účely jeho údržby. To je řešeno travnatým pruhem mezi porosty a hranou koryta vodního toku o šířce 3 m.



**Obr. 3** Výsadbový plán biocentra 2 BC-2 (vlevo) a stav před výsadbou v roce 2003 – orná půda (vpravo)



**Obr. 4** Letecký snímek biocentra 2 BC-2 z roku 2017 (vlevo) a Vodní prvek v 2 BC-2 – Velenický potok 2018 (vpravo)

Biocentrum 2BC-2 patří s prakticky bezztrátovým zapěstováním dřevin k nejzdařilejším výsadbám, které Pobočka Nymburk zrealizovala. Biocentrum získalo v roce 2012 Cenu veřejnosti a první místo v soutěži Společné zařízení roku v kategorii Opatření k ochraně a tvorbě životního prostředí. Rozpočtová cena i s údržbou činila 1734000 Kč bez DPH, skutečná cena za realizaci byla 1106460 Kč bez DPH.

### 3.2 Lokalita pro založení biocentra s předchozí výstavbou vodního prvku

Jako příklad lze uvést biocentrum BC 7 s vodní nádrží a biokoridorem v katastrálním území Choťovice na Kolínsku. V tomto případě byl nejdříve vybudován vodní prvek – vodní nádrž označená jako IP 4, a teprve poté vysázeno okolo biocentrum BC 7 a biokoridor BK 4. Biocentrum BC 7 má rozlohu 1,40 ha, vlastní vodní nádrž 1,30 ha a navazující biokoridor BK4 0,90 ha. Celková výměra je 3,60 ha.

Vodní nádrž v k. ú. Choťovice je vybudována za účelem zadržování vody v krajině na pozemku KN č. 793. Jedná se o malou vodní nádrž se zadržným objemem vody 11086 m<sup>3</sup>, která leží na Mirovickém potoce mimo zastavěné území obce. Bezpečnostní přeliv je navržen na převedení návrhového průtoku  $Q_{20} = 4,39 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  při výšce přepadového paprsku 500 mm. Hráz vznikla částečným násypem a ztuhnutím zemin podél původní cesty, částečně vyhloubením do stávajícího terénu. Opevnění koruny hráze a návodního líce nad maximální hladinou  $Q_{20}$  je provedeno ohumusováním a osetím travním semenem. Zbývající část návodního líce je opevněna pohozelem z makadamu, který je v patě hráze opřen o patku z lomového kamene. Délka hráze je 109 m, šířka koruny hráze činí 3000 mm a sklon návodního líce je 1:3,5. Vypouštěcí objekt je navržen jako bezpečnostní přeliv žlabového typu s předsunutým

požerákem. Konstrukce objektu je betonová a přístup k požeráku je zajištěn dřevěnou lávkou. Projekt nepočítal s realizací litorálů. Maximální objem nádrže je 17000 m<sup>3</sup>. Výstavba byla realizována v roce 2007, plánované náklady výstavby činily podle projektové dokumentace 3,5 mil. Kč, skutečné náklady nepřesáhly 3 mil. Kč.

Biocentrum BC7 sousedí s vodní nádrží a je vybudováno na pozemcích KN č. 792 a 794 v k.ú. Chořovice. Vysázeno je zde 101 stromů a 825 keřů. Projekt počítal s 40 % plochy stromů a keřů a 60 % trvalých travních porostů. Výsadba s následnou údržbou probíhala v letech 2009-2011.

Biokoridor BK4 navazuje na biocentrum BC7 a pokračuje do sousedního katastrálního území obce Žehuň. Na výsadbu bylo použito celkem 115 stromů - habr, lípa, javor, bříza, olše, jeřáb, dub a topol a 955 keřů - brslen, hloh, líska, svída, zimolez, vrba a trnka. Celkové náklady na zeleň (BC7 + BK4) včetně zapěstování činily 1,9 mil Kč.



*Obr. 5 Stav před výstavbou vodní nádrže (vlevo) a výstavba vodní nádrže (vpravo)*



*Obr. 6 Výsadbový plán BC7 v k.ú (vlevo) a stav biocentra s vodní plochou na jaře 2017 (vpravo)*



Biocentrum BC 7 s vodní nádrží a biokoridorem v katastrálním území Choťovice získalo Cenu veřejnosti v letošním roce Cenu veřejnosti v celostátní soutěži Žít krajinou.

### 3.3 Lokalita pro založení biocentra bez přítomnosti vodního prvku

Jako příklad může sloužit Interakční prvek ŽP 1 – Hliník v k. ú. Sovenice v okrese Nymburk, kde jde o lokalitu na mírném svahu. Interakční prvek byl realizován severovýchodně od obce Sovenice na parcele KN č. 946 o celkové výměře 3,39 ha. Jedná se o významný krajinný prvek zvyšující druhovou a stanovištní pestrost v prostoru bývalé těžební jámy na hlínu, která se místně používala na výrobu nepálených cihel. Po ukončení těžby jáma sloužila jako černá skládka. Původní porosty byly ošetřeny, zbaveny nepůvodních a plevelných druhů a doplněny o další nové dřeviny. První část těžebního prostoru, která nebyla kontaminována skládkou (cca 30 %), byla ponechána v původním stavu pro zachování přirozených živočišných druhů. Druhá část těžebního prostoru byla vyčištěna, prořezána a dosázena novými stromy. Na nově přičleněné ploše nekvalitní orné půdy o výměře 1,37 ha byla založena nová výsadba stromů a keřů zahradním pásovým způsobem s travnatými palouky. Terénní úpravy nově přičleněného pozemku byly provedeny tak, aby nasměrovaly povrchový odtok dešťové vody z této části interakčního prvku do vytěžené části hliníku, a spolu se svedenou drenážní vodou z okolních cest tvoří mokřadní část biocentra s tůněmi. K řadě zachovaných původních dřevin bylo nově vysázeno celkem přes 300 stromů a 4300 keřů. Nosnými druhy byly u stromů dub zimní 78 ks, javor mlč 50 ks, třešeň ptačí 32 ks, lípa srdčitá 41 ks, habr obecný 30 ks a jasan ztepilý 20 ks, u keřů zimolez obecný 700 ks, ptačí zob 460 ks, meruzalka horská 750 ks, líska obecná 200 ks, svída obecná 400 ks, trnka obecná 300 ks, brslen evropský 430 ks a kalina obecná 340 ks. Realizace probíhala v roce 2008 bez použití folie s mulčováním kůrou, tříletá údržba porostů byla ukončena v roce 2011. Při realizaci daného interakčního prvku se sešel dobře sešlapaný tým odborníků od projektanta a geodeta KoPÚ až po projektanty výsadby a realizační firmu. Nové výsadby citlivě zhodnocují a doplňují přirozeně vzniklé porosty v prostoru hliníku a zároveň je pamatováno na vodohospodářskou funkci tohoto prvku. Interakční prvek ŽP 1 - Hliník získal v roce 2011 Cenu ministra zemědělství a první místo v soutěži Společné zařízení roku v kategorii Opatření k ochraně a tvorbě životního prostředí. Rozpočtová cena společně s údržbou činila 2118000 Kč bez DPH, skutečná cena za realizaci byla 1774800 Kč bez DPH.



**Obr. 7** Výsadbový plán BC7 v k.ú (vlevo) a stav biocentra s vodní plochou na jaře 2017 (vpravo)



**Obr. 8** Letecký snímek ŽP 1 – Hliník v roce 2010 (vlevo); zaústění drénů z cest do mokřadní části ŽP – 1 (vpravo)



**Obr. 8** Letecký snímek ŽP 1 – Hliník v roce 2010 (vlevo); ošetřená těžební jáma s tůněmi (vpravo)

## Literatura

- [1] Projektová dokumentace „Lokální biocentrum 2 BC 2 Na Ostrově“, zpracovatel Agroprojekt PSO spol. s r.o., Brno, zodpovědný projektant Ing. D. Mikolášek, projektant Ing. D. Doubrava, 2004.
- [2] Projektová dokumentace „Vodní nádrž v k.ú. Choťovice“, zpracovatel Hydroprojekt cz a.s. Praha, Divize krajinného inženýrství, rekultivací a ekologie, hlavní inženýr projektu Ing. Ivan Rubeš, 2005.
- [3] Projektová dokumentace „Biocentrum BC 7 v k.ú. Chřovice“, zpracovatel Gepard spol. s r.o. Praha, zodpovědný projektant Ing. Radek Dlouhý, 2005.
- [4] Projektová dokumentace „Interakční prvek ŽP 1 – Hliník“, zpracovatel Agroprojekt PSO spol. s r.o. Brno, zodpovědný projektant Ing. D. Mikolášek, projektant Bc. Eliška Deáková, 2007,

### **Poděkování**

*Všem pracovníkům Státního pozemkového úřadu Pobočky Nymburk, projektantům a realizačním firmám, kteří se podíleli na zdárné realizaci jednotlivých společných zařízení*

# PROČ I ORNITOLOGOVÉ MĚŘÍ PRŮHLEDNOST VODY

## WHY ALSO ORNITHOLOGISTS ARE INTERESTED IN MEASURING WATER TRANSPARENCY

Katarína SLABEYOVÁ<sup>1,✉</sup>, Zbyněk Janoška<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Česká společnost ornitologická, Na Bělidle 34, 150 00 Praha 5 - Smíchov  
✉ slabeyova@birdlife.cz

### Abstract

In 2015, Czech Ornithological Society chose Black-necked Grebe – a sharp declining species in the Czech Republic – as the bird of the year. As a companion campaign to raise awareness of the causes of its decline, a citizen science project of water transparency measurement was launched. In 2015 689 individual measurements were submitted from 352 different sites. In 2016 the effort rose considerably with 1 219 measurements on 465 sites and declined in 2017 to 286 measurements on 139 sites.

**Keywords:** Black-necked Grebe, water transparency measurement, Secchi disc, citizen science project

## 1 ÚVOD

Průhlednost vody je limitujícím faktorem pro výskyt některých druhů ptáků vázaných na akvatické biotopy zejména během hnízdního období, kdy mají zvýšené nároky na množství a dostupnost potravy kvůli odchovu mláďat. To platí zvláště pro druhy orientující se při lovu potravy pomocí zraku. V našich podmínkách jsou to především potápky.

Aby upozornila na problém znečištění rybníků, Česká společnost ornitologická vyhlásila za Ptáka roku 2015 potápku černokrkou.

### 1.1 Pták roku 2015 – potápka černokrká

Potápka černokrká (*Podiceps nigricollis*) je středně velkým druhem potápky, o něco větší než potápka malá. Ve svatebním šatu je téměř celá černá, s výjimkou rezavohnědého peří na bocích a bílého břicha (obr. 1). Nápadné jsou vějířky zlatožlutého peří po stranách hlavy za okem, oční duhovka má jasně červenou barvu.

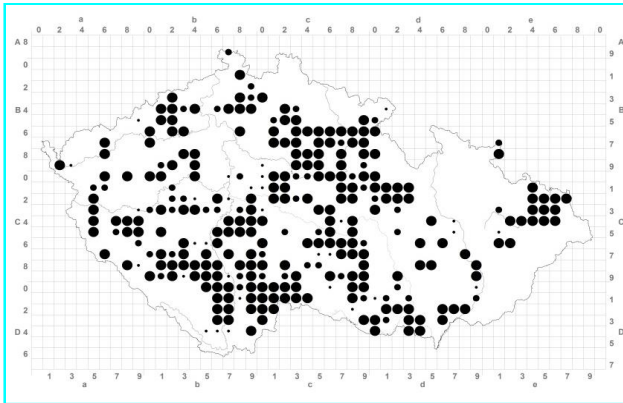


**Obr. 1** Potápka černokrká, foto: Tomáš Bělka, birdphoto.cz

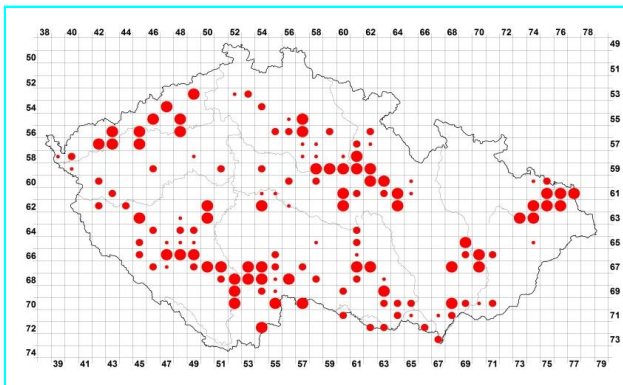
Populace potápek černokrkých hnízdící v České republice je tažná. Zimuje v oblasti Středomoří a Černého moře. K nám přilétá na přelomu března a dubna a hnízdiště opouští od srpna do října. Její potravu tvoří především větší druhy bezobratlých a jejich larvy. Byly zjištěny larvy jepic a vážek, vodní plošnice, dospělci i larvy potápníků, pakomárů, měkkýši a korýši [1]. Ryby konzumuje výjimečně spíš v zimě. Potravu loví jak potápěním ve volné vodě, ze dna i vodních rostlin, tak i sbíráním z vodní hladiny. Na rozdíl od kachen, které mají na zobáčích speciální smyslová tělíska, se potápky při lovu potravy řídí především zrakem. Obsazují proto především rybníky s čistou vodou, s porosty vodních rostlin a vysokou početností bezobratlých. Pro hnízdění vyhledává lokality s mělkou vodou a dobře vyvinutými porosty litorálních rostlin (zblochan, orobinec). Hnízdí téměř výhradně na okrajích racích kolonií, kde bývají jejich hnízda dobře chráněna.

Na území české republiky začala potápka hnízdit v 2. polovině 19. století. Od začátku 20. století početnost potápky narůstala. V padesátých a šedesátých letech 20. století hnízdily potápky černokrké v koloniích i o několika stovkách párů a byly nejhojnějším druhem potápky u nás. Ke zlomu ve vývoji početnosti došlo po roku 1980, kdy nastal prudký pokles trvající až do současnosti. Při celostátním mapování v letech 1985–1989 byla ještě početnost odhadovaná na 2 500 – 5 000 párů, v letech 2001–2003 to bylo již pouze 300–600 párů (tj. pokles o 90 %) [2]. V posledních letech je početnost hnízdní populace potápky černokrké v ČR odhadována na 50 párů. Rozšíření potápky černé v ČR je zaznamenáno na obr. 2, obr. 3 a obr. 4. Takto drastický pokles dříve silné

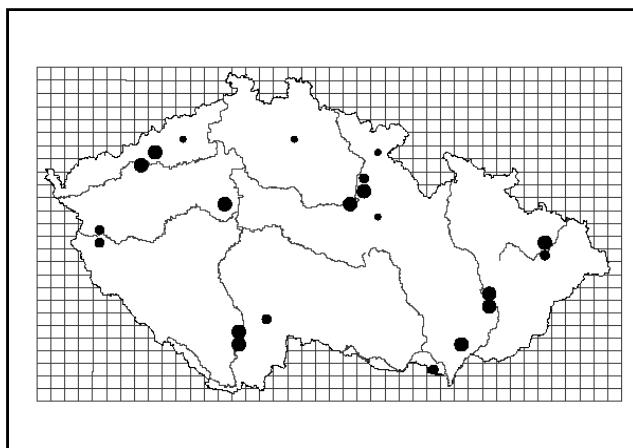
populace nemá v evropském kontextu obdoby. V okolitých krajinách, například v Polsku či Německu, se potápkám stále daří dobře. Příčiny úbytku tedy musíme hledat u nás doma.



**Obr. 2** Rozšíření potápky černokrké v ČR na základě celostátního mapování hnízdního rozšíření ptáků v letech 1973–1977 (velký bod – prokázané hnízdění, střední bod – pravděpodobné hnízdění, malý bod – možné hnízdění) Zdroj: FŽP ČZU Praha



**Obr. 3** Rozšíření potápky černokrké v ČR na základě celostátního mapování hnízdního rozšíření ptáků v letech 2001–2003 (velký bod – prokázané hnízdění, střední bod – pravděpodobné hnízdění, malý bod – možné hnízdění) Zdroj: FŽP ČZU Praha



**Obr. 4** Rozšíření potápky černokrké v ČR v roce 2014 (velký bod – prokázané hnízdění, střední bod – pravděpodobné hnízdění, malý bod – možné hnízdění)  
Zdroj: Faunistická databáze ČSO birds.cz

Dospělí ptáci přilétají začátkem dubna, kdy jsou chovné rybníky čerstvě napuštěné, často ještě s čistou vodou a s dostatečnou potravní nabídkou. Krátce na to jsou nasazeni kapři. S oteplující se vodou sice přibývá bentosu, ale současně výrazně roste i apetit rybí osádky, který dosahuje maxima právě v období, kdy se potápkám líhnou mláďata. Nevzletná mláďata potápek nejsou na rozdíl od mláďat kachen schopna přesunu na jinou lokalitu a tak jsou zde odsouzena k smrti hladem. [3]

## 1.2 Příčiny poklesu početnosti potápky černokrké

Sníženou průhlednost vody v rybnících má u nás na svědomí zejména nepřírodně vysoká obsádka komerčně chovaných kaprovitých ryb. Příliš vysoký počet nasazených ryb dokáže zcela zlikvidovat drobné vodní bezobratlé (zooplankton), což má za následek přemožení drobných řas (fytoplankton) a následnou sníženou průhlednost vody. Kapři při hledání potravy ryjí v bahně na dně, čímž ničí vodní rostliny a zároveň dále zvyšují zákal vody. Nízká průhlednost vody neškodí jen ptákům – v zakalené vodě mají ztížené podmínky pro život rostliny, bezobratlí či obojživelníci.

Limitujícím faktorem pro potápky je i rapidní pokles počtu kolonií racka chechtavého (*Chroicocephalus ridibundus*) u nás zapříčiněný komplexem faktorů, zejména změnami postupů v zemědělství. Z maxima 200–350 000 hnízdních párů v letech 1973–1977 nastal prudký pokles na 80–150 000 v letech 1985–89, 50–100 000 v období 2001–2003 až na 28 000 párů v roce 2013 [4].

Potápce jakožto i dalším druhům neprospívají ani změny v okolí rybníků související s intenzivním chovem kaprů (likvidace litorálních porostů, vyhrnování břehů, zarůstání okolní krajiny).

## **2 KAMPAŇ OBČANSKÉ VĚDY – MĚŘENÍ PRŮHLEDNOSTI VODY V RYBNÍCÍCH**

### **2.1 Zapojení veřejnosti**

Vyhlášení potápky černokrké ptákem roku 2015 doprovázela kampaň občanské vědy zaměřená na měření průhlednosti vody v našich rybnících za pomoci Secchiho desky. Cílem bylo upozornit na špatný stav našich rybníků zejména jako důležitého biotopu pro vodní ptáky.

Byly vytvořeny webové stránky voda.birds.cz s jednoduchou metodikou měření, postupem výroby vlastní Secchiho desky a formulářem, do kterého je možné zadat výsledky vlastního měření. Na výše uvedených webových stránkách se každý rok aktualizuje mapka se zobrazením všech měření v daném roce.

V roce 2016 jsme k zapisování průhlednosti přidali pro veřejnost i možnost sledovat i barvu vody a přítomnost sinic.

### **2.2 Projekt Secchi Dip-in v Severní Americe**

Podobná akce, kdy by byla plošně měřena průhlednost vody na mnoha místech současně, se v České republice dosud nerealizovala. Podobné měření, využívající konceptu občanské vědy, se konalo v Severní Americe, kde se díky širokému zapojení veřejnosti podařilo získat unikátní data. Největší a nejstarší projekt tohoto druhu byl založen roce 1994 v Kent State University, Ohio, USA a jmenuje se „Secchi Dip-in“. Měření dobrovolníků z USA a Kanady ukazují nejširší veřejnosti dlouhodobé trendy v průhlednosti Severoamerických jezer. Za dvacet let se podařilo vytvořit unikátní databázi měření z více jak 13 000 jezer, z nichž asi 2 000 jsou sledovány dlouhodobě. Do projektu se za dobu trvání zapojily tisíce lidí a k roku 2010 naměřili přes 41 000 záznamů [5].

## **3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ**

### **3.1 Výsledky měření v roce 2015**

Průhlednost vody se měřila od dubna do srpna, s důrazem na hnízdní období. Celkem se za rok 2015 sešlo 689 samostatných měření z 352 různých



lokalit po celé republice (tab. 1, tab. 3). Mezi nejlépe pokryté regiony patřili okresy Rokycany, Karlovy Vary, okolí Prahy, Jindřichohradecko, Českobudějovicko, okres Nymburk, okolí Velkého Meziříčí či Moravskoslezský kraj. Do akce se zapojilo 56 samostatných měřicích skupin, od jednotlivců až po kolektivy s více než 20 členy. Na nejpodrobněji sledovaných lokalitách je k dispozici až 13 měření za sebou (rybníky Karásek a Labutinka, vodní nádrž Klabava a Ejpovické jezero, všechny v okrese Rokycany).

Průhlednost vody v nádržích v Česku se v roce 2015 pohybovala od maxima 410 cm na Kolovském rybníce v okrese Karlovy Vary (který si zachoval nadprůměrně vysoké hodnoty průhlednosti až do konce sezony), po téměř nulovou průhlednost na více lokalitách koncem srpna. Průměrná průhlednost podle očekávání s postupem vegetační sezóny v jednotlivých měsících klesala, a to od hodnoty 87 cm v dubnu, 77 cm v květnu, 65 cm v červnu, 48 cm v červenci až po 41 cm v srpnu (obr. 5).

Výsledky jednotlivých měření i souhrnné výsledky po okresech jsou k dispozici na stránkách České společnosti ornitologické věnované projektu měření průhlednosti vody na rybnících voda.birds.cz.

### 3.2 Výsledky měření v roce 2016

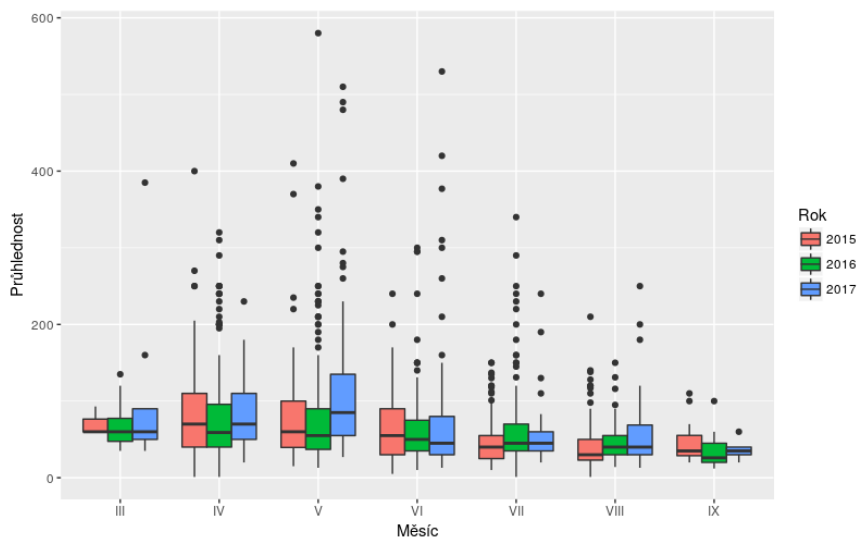
V roce 2016 se průhlednost vody měřila od února do září, opět s důrazem na hnízdní období. Celkem bylo prostřednictvím formuláře na voda.birds.cz zapsáno 1 219 samostatných měření (tab. 3) z 465 lokalit, z toho 92 opakujících se a 369 nových (tab. 1). V roce 2016 se do měření zapojilo 55 samostatných měřicích skupin, z toho 12 opakujících se 42 nových. Nejdelší série měření pochází z lokality Svárovský rybník v okrese Kladno ve Středočeském kraji, kde byla průhlednost měřena 17-krát.

V roce 2016 byla naměřena průhlednost vody od 580 cm na rybníku Oplatil v okrese Pardubice v květnu (19. 5. 2016) po minimum na více lokalitách v průběhu celé sezony měření. Stejně jako v předchozím roce průměrná průhlednost s postupem vegetační sezóny v jednotlivých měsících klesala, a to od hodnoty 78 cm v dubnu, 78 cm v květnu, 61 cm v červnu, 60 cm v červenci až po 46 cm v srpnu (obr. 5).

### 3.3 Výsledky měření v roce 2017

V roce 2017 byla největší hloubka naměřena 15. 6. 2017 na rybníce Správcický písník (okres Hradec Králové), minima byla dosaženo 2. 6. 2017 v okrese Pardubice. V porovnání s předchozími lety byly naměřeny vyšší hodnoty průhlednosti zejména v květnu (medián 85 cm v 2017, 55 cm v 2016 a 60 cm v

2015) (tab. 2). Výsledky v ostatních měsících byly srovnatelné s předchozími lety. Průměrná hodnota průhlednosti v srpnu byla 62 cm. (obr. 5)



*Obr. 5 Průhlednost vody na měřených lokalitách v letech 2015–2017.*

### 3.4 Porovnání výsledků měření v letech 2015, 2016 a 2017

Počet individuálních měření v daném roce:

- 2015: 689
- 2016: 1219
- 2017: 286

Počet lokalit, na kterých se měřilo alespoň jednou v daném roce:

- 2015: 352
- 2016: 465
- 2017: 139

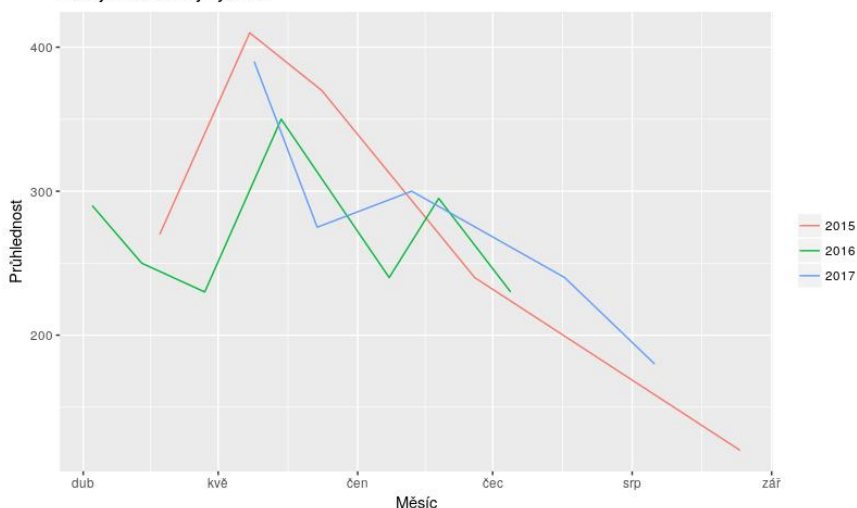
*Tab 1. Počet lokalit měřených v jednotlivých letech*

	2015	2016	2017
2015	352	92	22
2016	92	465	67
2017	22	67	139

Počet lokalit sledovaných ve všech letech: 15

Změny průhlednosti vody na jedné z lokalit sledované během všech tří let (2015–2017) jsou zachyceny na Obr. 6.

Dolejší Kařezský rybník



**Obr. 6** Dolejší Kařezský rybník – průhlednost vody v letech 2015–2017.

Průměrný počet měření na jedné lokalitě:

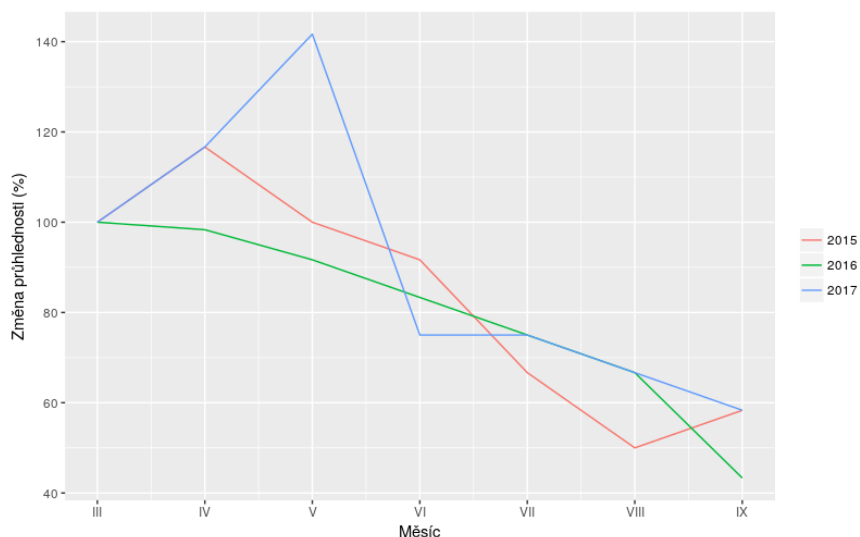
- 2015: 1,96
- 2016: 2,62
- 2017: 1,84

Počet lokalit s alespoň 5 měřeními za rok:

- 2015: 23
- 2016: 77
- 2017: 11

**Tab. 2** Medián průhlednosti podle měsíců.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2015</b>			60	70	60	55	40	30	35	45		
<b>2016</b>		60	60	59	55	50	45	40	26			
<b>2017</b>			60	70	85	45	45	40	35	85		



**Obr. 7** Vývoj průhlednosti vody v průběhu let 2015–2017.

Ve všech sledovaných letech lze pozorovat pokles průhlednosti, přičemž průhlednost vody v září dosahuje jen cca 50 % průhlednosti v březnu (tab. 2). V letech 2015 i 2016 byl pokles průhlednosti setrvalý po celou sledovanou dobu, v roce 2017 však došlo nejprve ke zvyšování průhlednosti, která dosáhla vrcholu v dubnu (140 % březnové hodnoty) a pak následoval prudký pokles na 60 % březnové hodnoty v září. (obr. 7).

**Tab. 3** Počet měření v jednotlivých měsících.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>2015</b>			3	103	147	147	151	105	24	9		
<b>2016</b>		22	27	258	261	252	231	143	25			
<b>2017</b>			11	49	93	61	33	30	8	1		

Počet zapojených mapovatelů v jednotlivých letech:

- 2015: 57
- 2016: 40
- 2017: 16

## Literatura

- [1] CEPÁK, Jaroslav, MUSIL, Petr, PYKAL, Jiří. *Hnízdní populace potápky černokrké (Podiceps nigricollis) v jižních Čechách v letech 1997–2004 a možné příčiny úbytku početnosti*. Česká společnost ornitologická, 2005. *Sylvia* 41: 83–93.
- [2] ŠŤASTNÝ, Karel, BEJČEK, Vladimír, HUDEC, Karel. *Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice*. Praha: Aventinum. 2006. 463 s. ISBN 80-86858-19-7.
- [3] CEPÁK, Jaroslav. *Pták roku se představuje*. Praha: Česká společnost ornitologická, 2015. *Ptačí svět* 1/2015: 3–8.
- [4] VERMOUZEK, Zdeněk. *Jak si vedou raci v České republice*. Praha: Česká společnost ornitologická, 2014. Spolkové zprávy České společnosti ornitologické 2/2014.
- [5] Secchi Dip-In. [www.secchidipin.org](http://www.secchidipin.org)

### **Poděkování**

*Poděkování patří především všem zúčastněným dobrovolným měřitelům, Mgr. Jaroslavu Cepákovi, Ph.D. z Kroužkovací stanice Národního muzea, RNDr. Martinovi Černému, Ph.D. z Přírodovědecké fakulty UK v Praze a Mgr. Danielovi Fialovi z Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka.*

# RYBNÍKY A NÁDRŽE PAMÁTKOVÉ CHRÁNĚNÝCH AREÁLŮ

## PONDS AND BASINS OF HERITAGE PROTECTED AREAS

**Miloš ROZKOŠNÝ<sup>1,✉</sup>, Hana Mlejnková<sup>2</sup>, Hana Hudcová<sup>1</sup>,  
Alžběta Petráňová<sup>2</sup>, Pavel Sedláček<sup>1</sup>, Miriam Dzuráková<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Výzkumný ústav vodohospodářský TGM v.v.i., Mojžírovo náměstí 2997/16, 612 00 Brno

<sup>2</sup>Výzkumný ústav vodohospodářský TGM v.v.i., Podbabská 30, 160 00 Praha

✉milos.rozkosny@vuv.cz

### Abstract

Water elements represent a significant part of the environment of cultural heritage sites, conservation zones and areas. To fulfil the required functions, which may include social, historical, recreational and educational, but also environmental functions; it is necessary to ensure their corresponding target state. This state includes structural-technical state and qualitative state. The article presents results of a questionnaire evaluation of a threat of the negative changes for the elements. It also presents results of the phosphorus contamination of selected typical water elements and its systems and the course of the water thropic potential during the year 2017 of the mentioned water elements.

**Keywords:** cultural heritage; historical garden; water elements; ponds; basins; water quality

## 1 ÚVOD A LITERÁRNÍ PŘEHLED

Historické zahrady a parky od renesance až do poloviny 20. století zahrnují různé zahradní typy a umělecké pojetí volného prostoru v jejich rámci. Skládají se z konstrukčních (včetně vodních prvků – např. malých vodních ploch přírodního charakteru, umělých kanálů, fontán, apod.) a vegetačních prvků a jsou součástí krajiny, uměle a umělecky navržené či upravené člověkem [1][2]. Pohled na historické zahrady se výrazně změnil v průběhu 20. století. Až do společenského zřízení ochrany přírody v 70. letech, bylo stanovení památkové kvality zahrad a parků historických v závislosti na jejich umělecké hodnotě. Myšlenka ochrany přírody posunula náhled na parky a zahrady či přírodní scenérie s jejich biotopy stejně vysoko jako umělecké kvality. Dnes jsou historické zahrady a parky vnímány v jejich komplexitě. V mnoha konkrétních případech spory mezi ochranou přírody a zachováním historického stavu zahrady

se změnilo na přístup umožňující sladění obou pohledů [2]. K tomu v případě vodních prvků rybníčního typu, vstupuje potřeba sladit produkční hospodaření na nich s potřebným ekonomickým přínosem, s památkově ochrannými či i přírodně ochrannými požadavky, navíc v kombinaci se zachováním podmínek pro rekreační a turistické užití (např. památkově chráněné komplexy v Lednici, Kroměříži, Českém Krumlově, apod.). Sladění těchto požadavků si kladou za cíl i projekty zaměřené na rekonstrukce, revitalizace a případně i obnovu historických zahrad a památkově chráněných areálů, včetně vodních prvků [3]. Přístupy k revitalizaci a obnově historických zahrad po skončení období totality v Polsku uvádí [4].

Z hlediska ohrožení vodních prvků lze identifikovat převážně ohrožení kvality jejich vodního prostředí (přísun znečištění z bodových, plošných a difúzních zdrojů znečištění), ohrožení prostorových charakteristik (zazemňováním, ucpáváním, vysycháním, atd.) a ohrožení kvality doprovodné vegetace (rozšiřování invazivních druhů, ohrožení suchem, záplavami, změnami hladiny podzemní vody, škůdci a nemocemi, atd.). Kontaminaci objektů netěsnými kanalizacemi a odpadovými jímkami popisuje jako jeden z problémů, zejména při výskytu povodní [5]. Významnou roli v ohrožení kvality rybníčních vodních prvků hraje eutrofizace vod [6] [7]. Velkým problémem je také ukládání splavenin a zazemňování a následné zarůstání vegetací, což může být problémem i u vodních prvků památek, které jsou napojeny na povrchové vody s nedostatečnou kvalitou, přinášející erozní smyvy [8]. Údržba a monitoring stavu památek, včetně zahrad a parků a vodních prvků, bude hrát podle [9] významnou roli v souvislosti se změnou klimatu a výskytem extrémních počasí.

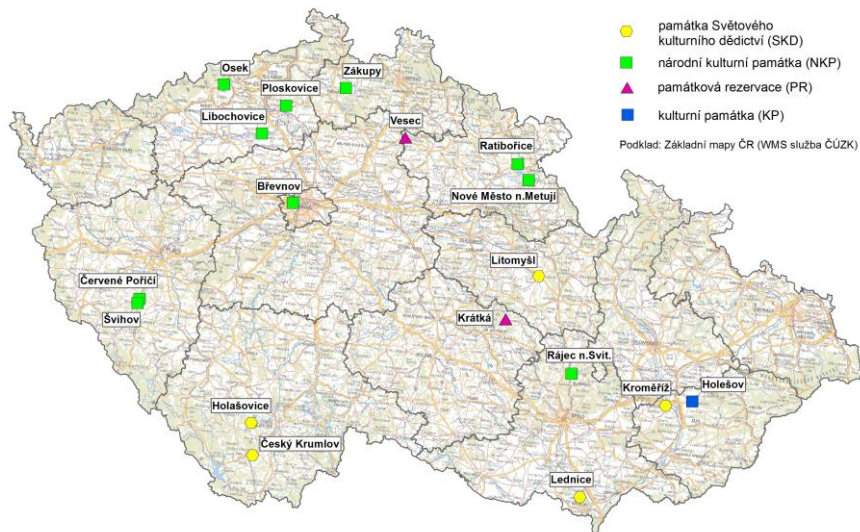
## 2 MATERIÁL A METODIKA

Hlavní náplní prezentovaného projektu je navázat na rámcové hodnocení stavu vodních prvků (fontán, kašen, bazénů, nádrží, rybníků, apod.) památkově chráněných objektů a území a kvality jejich vodního prostředí, a to detailním průzkumem vodního prostředí vybraných lokalit a návrhem opatření k udržení, či zlepšení kvality, včetně úprav rybích obsádek.

Úvodní fáze výzkumu zahrnovala provedení dotazníkového šetření zaměřeného na posouzení ohrožení lokalit národních kulturních památek a památkových rezervací (městských, vesnických, archeologických) vybranými antropogenními vlivy (sesuvy, eroze, znečištění, atd.) provedené pracovníky VÚV TGM, v.v.i. a NPÚ, v.v.i. [10] postupně v jednotlivých krajích ČR v letech 2012 až 2015.

Následně byla použita část metodiky [11] hodnocení ohrožení stavu vodních prvků průzkumem kvality vodního prostředí (voda, sedimenty, bioseston, rybí

obsádka) pro lokality vytipované dotazníkovým šetřením, který byl proveden v roce 2016, v období s předpokládaným nejméně příznivým stavem v jakosti vod během roku (přelom jara/léta až konec léta). Od roku 2017 je prováděn dvouletý detailní monitoring užší skupiny lokalit (obr. 1).



**Obr. 1** Výzkumné lokality a jejich zařazení do kategorií památek.

### Popis sledovaných vodních prvků lokalit na obr. 1:

- **průtočné rybníky bez produkčního chovu ryb** – Břevnov, Červené Poříčí, Český Krumlov, Hološovice, Ploskovice, Vesec, Krátká, Rájec nad Svitavou (2 rybníčky), Kroměříž-Podzámecká zahrada (1 rybník), Lednice
- **průtočné rybníky s produkčním chovem ryb** – Osek (1 rybník), Kroměříž-Podzámecká zahrada (2 rybníky), Hološov
- **větší bazény a nádrže s okrasnými rybami** – Osek (3 nádrže), Ratibořice, Litomyšl, Rájec nad Svitavou (2 nádrže), Kroměříž-Květná zahrada
- **kašny, fontány a malé nádrže** – Libochovice, Zákupy, Nové Město nad Metují
- **vodní příkop** – Švihov

V terénu jsou přístroje Hach-Lange HQ40d 1x měsíčně měřeny: teplota vody, koncentrace rozpuštěného kyslíku, nasycení kyslíkem, elektrická konduktivita vody a pH, a to pod hladinou a u dna. Průhlednost je měřena Secchiho deskou. Odebrané vzorky vod jsou dále analyzovány v akreditovaných



laboratořích VÚV na obsah nerozpuštěných a organických látek, jednotlivé formy dusíku a fosforu, chlorofyl, trofický potenciál, atd.

Mezi hlavní posuzované skupiny ukazatelů kvality vodního prostředí patří posouzení teplotního a kyslíkového režimu během roku, jež odráží i vliv primární produkce reagující na zatížení nutrienty, a na druhou stranu vytvářející podmínky pro život zoocenózy, zejména ryb, které jsou v případě vodních prvků památkově chráněných areálů i součástí estetického působení těchto prvků, anebo součástí produkčně-ekonomického využití. Dále se jednalo o posouzení mikrobiální kontaminace, zatížení nutrienty a odezva v primární produkci (analýza chlorofylu a, množství a složení fytoplanktonu).

### 3 VÝSLEDKY

#### 3.1 Dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření mělo přispět k základnímu rozdělení objektů a území do kategorií „neohrožené“ a „ohrožené“ ve smyslu působení antropogenních vlivů na památky, v naší části výzkumu, na vodní prvky. Analýzou odpovědí dotazníkového šetření bylo vytipováno zhruba sedmdesát lokalit s ohrožením stavu, anebo kvality prostředí vodních prvků. Z šetření také vyplynulo, že více než polovina památek zařazených mezi památky světového kulturního dědictví má vodní prvky ohrožené působením antropogenních vlivů (Tab. 1), což je dáno i tím, že se jedná o areály s historickými zahradami majícími řadu vodních prvků průtočných (Český Krumlov, Holašovice, Lednice, Litomyšl, Kroměříž, Průhonice, Telč), prakticky 7 z 12 lokalit.

V tabulce uvedené číselné hodnoty 0 až 3 odpovídají těmto definovaným stupňům ohrožení:

##### **0 – žádné ohrožení**

Hodnocená lokalita nezahrnuje žádné vodní prvky ani biotopy.

##### **1 – nízké**

Nízký stupeň ohrožení stavu dané lokality. Stav odpovídající podmínkám dané lokality, stabilizovaný, bez nutnosti zásahů ke stabilizaci, nebo ke zlepšení současného stavu. Naplánovat průběžné drobné zásahy nutné k udržení stavu, realizovatelné v rámci každoroční údržby.

##### **2 – střední**

Střední stupeň ohrožení stavu dané lokality. Vyskytují se kritické jevy vedoucí k ohrožení s potenciálem brzkého narušení stavu, funkčnosti, kvality vodního prostředí, složení biotopů, nadměrného rozšíření invazivních druhů, zhoršení estetické funkce. Naplánovat větší zásahy, realizovatelné během

několika let v rámci každoroční údržby, nebo při získání finančních prostředků (dotační programy) ke zlepšení stavu.

### 3 – vysoké

Kritický stav, nebezpečí trvalého poškození, znehodnocení a degradace. Naplánovat zásahy co nejdříve, maximálně do dvou let. Naplánovat zásahy realizovatelné v rámci každoroční údržby, vedoucí k okamžitému řešení kritické situace. Dále plánovat strategická opatření rozsáhlejšího charakteru měnící celkové nepříznivé podmínky.

*Tab. 1 Hodnocení ohrožení vodních prvků lokalit vybraných lokalit památek světového kulturního dědictví (UNESCO) dle metodiky [11]*

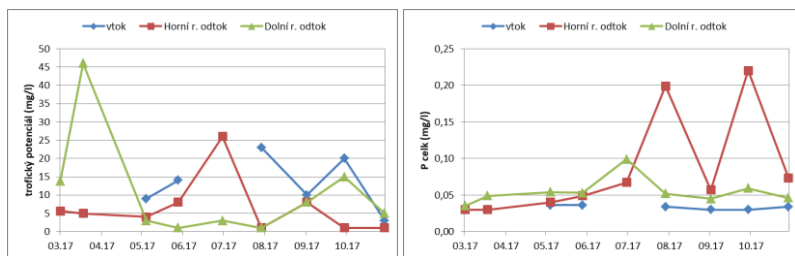
Místo	Památková lokalita	Techn. a provozní stav vodních prvků	Kvalita prostředí vodních prvků	Kvalita habitatů vodních prvků
Brno	vila Tugendhat	1	1	0
Český Krumlov	zámecký park	1	1	2
Holašovice	centrum obce	1	2	2
Kutná Hora	centrum města	2	2	0
Kroměříž	Květná zahrada	1	1	1
	Podzámecká zahrada	3	2	3
Lednicko – valtický areál	zámek Lednice	1	3	2
	zámek Valtice	1	1	0
	další lokality v území	2	3	3
Litomyšl	zámecký park	1	2	1
Průhonice	zámecký park	1	3	3
Telč	centrum města	2	2	1

## 3.2 Hodnocení eutrofizace vod vzorových vodních prvků

V části kvalita vodního prostředí je hodnocení založeno na stanovení trofického potenciálu, jak je uvedeno v předchozí části, a na stanovení nutrientů ve vodě, včetně jejich forem (celk. fosfor, fosforečnanový fosfor). Do příspěvku byly v této části zařazeny jako ukázkové lokality různé typy vodních prvků.

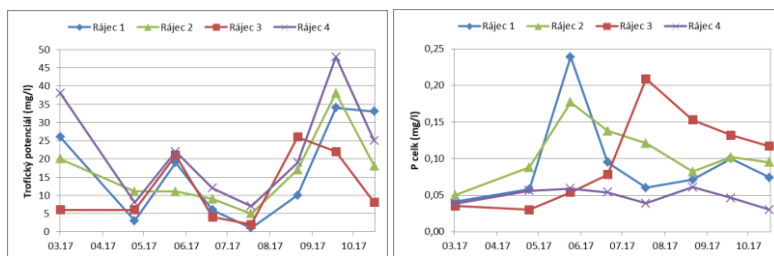
Na obr. 2 jsou uvedeny průběhy trofického potenciálu a koncentrace celkového fosforu ve vodě během roku 2017 pro dva malé návesní rybníčky bez ryb na území VPR Krátká u Sněžného. Vtok představuje nátok drenážních vod a

prameništní vody do horního rybníčka. Dolní rybníček je již zatížen i difúzními úniky a smyvy z komunikací. Odezvou je rozvoj vláknitých řas během sezóny. Poměr rozpuštěného fosforu se pohyboval v průměru od 0,82 (vtok) přes 0,26 (odtok Horní r. – masivní rozvoj vláknitých řas, porosty makrofyt) po 0,49 (odtok Dolní r.)



**Obr. 2** Rybníky na území VPR Krátká u Sněžného.

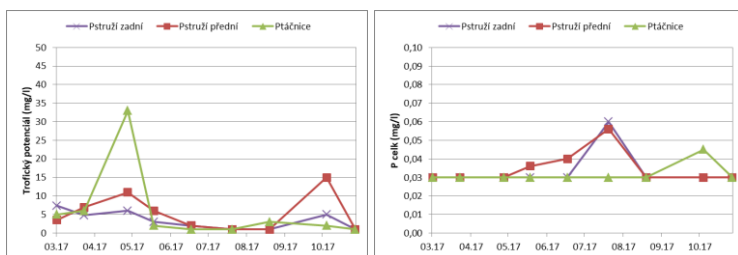
Na obr. 3 jsou prezentovány průběhy stejných ukazatelů pro dva rybníčky s chovem ryb v zámeckém parku v Rájci nad Svitavou a pro dva okrasné bazény (R-3 bez ryb, porosty makrofyt a vláknitých řas; R-4 s násadou okrasných ryb, lekníny a fontánkou). Podíl rozpuštěného fosforu byl v průměru 0,40 (R-1), 0,53 (R-2), 0,58 (R-3) a 0,34 (R-4).



**Obr. 3** Rybníčky (Rájec-1, Rájec-2) a bazény (Rájec-3, Rájec-4) v areálu NKP Rájec nad Svitavou

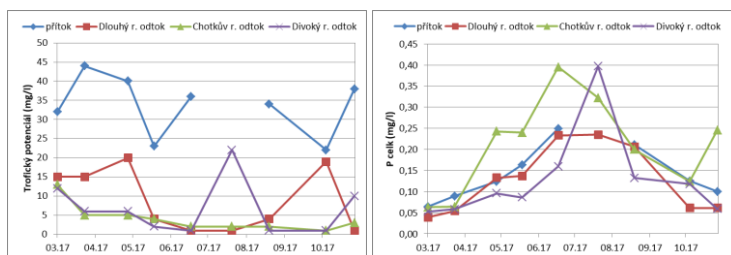
Na obr. 4 jsou uvedeny průběhy ukazatelů pro slabě užívané, prakticky neznečištěné vody, charakteristické nízkými koncentracemi fosforu, bazénů v areálu Květné zahrady v Kroměříži, které jsou napájeny zejména zachycenými srážkovými vodami. Bazény Pstruží zadní a přední mají také po rekonstrukci filtrační systémy, které je možné spustit a okrasné rozstříkovače. V těchto dvou bazénech jsou přítomny okrasné ryby – dospělci Koi kaprů v počtu několika kusů. Letní zvýšení obsahu fosforu ve vodě souvisí pravděpodobně s rozvojem řas (zvýšení obsahu nerozpuštěných látek ve vzorcích, zvýšení zákalu), a to i v

důsledku krmení ryb návštěvníky. Podíl rozpuštěného fosforu byl ve Pstružích nádržích v průměru 0,27, respektive 0,26 (s letními maximy 0,5 až 0,9), a v Ptáčnici 0,15 (letní maximum 0,5).



**Obr. 4** Bazény v areálu Květné zahrady v Kroměříži.

Poslední uvedenou lokalitou (obr. 5) je soustava větších rybníků propojených kanály, které přivádí vodu z řeky Moravy, v areálu Podzámecké zahrady v Kroměříži. Rybníky Dlouhý a Chotkův jsou využívány pro produkční chov ryb místní organizací MRS s každoročními výlovy.



**Obr. 5** Soustava rybníků v areálu Podzámecké zahrady v Kroměříži.

Divoký rybník má neřízenou rybí obsádku z důvodu zanesení sedimenty a obtížnému vypuštění a slovitelnosti. Podíl rozpuštěného fosforu se v roce 2017 pohyboval v průměru od 0,75 (přítokový kanál do zahrady) po hodnoty 0,41 (Divoký r.), 0,44 (Dlouhý r.) a 0,52 (Chotkův r.). V přítoku byl poměr 0,7 až 0,9 ve všech měřeních od března do listopadu. V Divokém r. byl poměr také stabilní 0,3 – 0,4. V obou chovných rybnících se pohyboval mezi 0,3 a 0,4 s maximy v květnu (0,7) a v červenci (0,6 respektive 0,7). Přítok vykazuje také celosezónně nejvyšší trofický potenciál ze všech uvedených vzorových situací. Nejvyšší hodnoty celkového fosforu, ale i fosforečnanového fosforu, byly zjištěny v červenci (Dlouhý a Chotkův) a nebo v srpnu (Divoký).

## 4 DISKUSE A ZÁVĚR

Obdobný metodický postup uvádí [13], a to pro problematiku přístupu a hodnocení ohrožení památkově chráněných objektů v procesu posuzování vlivů na životní prostředí. Přístup je založený na podrobném dotazníkovém šetření. Jiný postup hodnocení kvality prostředí pomocí objektivních a subjektivních kritérií, včetně využití mapových podkladů a protokolů, uvádí [14].

Kvalita vody se v malých nádržích a rybnících často zásadně mění, podle míry znečištění dochází ke změnám pozitivním, v případě silného organického zatížení přítoku (dočištění samočisticími procesy), tak negativním v případě neznečištěného přítoku [15]. V práci [16] autoři identifikovali jako hlavní tlaky působící negativně na malé vodní nádrže: skládkování v povodí, vnos znečištění odpadními vodami, vnos znečištění drenážními systémy; dále sousedství se zemědělsky obhospodařovanou půdou, chov ryb a rybářství. Také v případě námi sledovaných lokalit jsou tyto tlaky hlavními příčinami ohrožení s následkem nevyhovujícího stavu, včetně nevhodného estetického působení, které je důležitým faktorem vnímání návštěvníky památkově chráněných objektů, areálů a území.

Vodní prvky představují významnou součást prostředí kulturních památek a památkových zón a rezervací. Pro plnění požadovaných funkcí, které mohou zahrnovat společenské, ale i environmentální funkce, je nutné, aby byly v odpovídajícím cílovém stavu. Tento stav zahrnuje jak stavebně – technický stav, tak i kvalitativní stav. Výsledkem takového průzkumu může být návrh doporučení pro úpravu hospodaření s rybí obsádkou (řešitelné dohodou s nájemci, zavedením dravých ryb, apod.), pro nakládání se sedimenty a pro úpravu zdrojů vody (což nemusí být vždy v silách a možnostech správy objektů).

### Literatura

- [1] PACÁKOVÁ-HOŠŤÁLKOVÁ, B. a kol. *Zahrady a parky v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. Praha: Nakladatelství Libri. 2004, 526 s.
- [2] Cultural (garden) heritage as a focal point for sustainable tourism. [online] [cit. 30.4.2018] Dostupný z: [http://www.southeast-europe.net/en/projects/approved\\_projects/?id=142](http://www.southeast-europe.net/en/projects/approved_projects/?id=142)
- [3] KŘESADLOVÁ, L. Historie a současnost obnovy Květné zahrady v Kroměříži z pohledu památkové péče. *Zahrada-park-krajina*. [online] [cit. 30.4.2018] Dostupný z: <http://www.zahrada-park-krajina.cz>
- [4] WENER, B. Obnova zahrad v Polsku – vybrané příklady. In: sborník konference „Historické zahrady Kroměříž 2011“. Kroměříž: Klub UNESCO Kroměříž, 2011, pp. 43-44.

- [5] KRČMÁŘ, I. O povodních z časového náhledu. Zpravodaj STOP. Časopis Společnosti pro technologie ochrany památek, 5, 2003, č.1.
- [6] PECHAR, L. Long-term changes in fish pond management as an unplanned ecosystem experiment: importance of zooplankton structure, nutrients and light for species composition of cyanobacterial blooms. Water Science & Technology 32, 1995, pp. 187–196.
- [7] POTUŽÁK, J., DURAS, J. Výlov rybníků – kritické období z pohledu emisí fosforu?. In: Vodárenská biologie. Praha, 2012, s. 52–59.
- [8] KVÍTEK, T., TIPPL, M. Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha: ÚZPI. Zemědělské informace. (NS), č. 10/2003.
- [9] CASSAR, M., PENDER, R.: The impact of climate change on cultural heritage: evidence and response. 2005. [online] [cit. 30.4.2018] Dostupný z: <http://discovery.ucl.ac.uk/5059/1/5059.pdf>
- [10] FOREJTŇÍKOVÁ, M. a kol. Metody hodnocení ohrožení památkových objektů vybranými přírodními a antropogenními vlivy. Zprávy památkové péče, roč. 74, č. 5, 2014, s. 373-378.
- [11] FOREJTŇÍKOVÁ, M. a kol. Metodika hodnocení míry potenciálního ohrožení památek antropogenními a přírodními vlivy. Certifikovaná metodika. Osvědčení č. 98, č.j. MK 16529/2016 OVV. 2015.
- [12] ŽÁKOVÁ, Z., MLEJNKOVÁ, H. Porovnání výsledků stanovení trofického potenciálu vody získaných mikrometodou dle TNV757741 a standardisovanou metodou. Czech Phycology, Olomouc, 107-112, 2001.
- [13] LINDBLOM, I. Quality of Cultural Heritage in EIA: twenty years of experience in Norway. Environmental Impact Assessment Review 34 (2012): 51-57.
- [14] EHRENFELD, J. Evaluating wetlands within an urban context. Urban Ecosystems. Vol. 4, Issue 1, 2000, pp. 69-85.
- [15] ROZKOŠNÝ, M. a kol. Vliv rybníků na vodní ekosystémy recipientů jižní Moravy. VTEI, 2011, roč. 53, č. 1/2011.
- [16] JUSZCZAK, R., KĘDZIORA, A. Threats to and Deterioration of Small Water Reservoirs Located within Wysocć Catchment. Polish Journal of Environmental Studies 12 (5), 2003, 567–573.

**Poděkování**

*Práce byly provedeny v rámci výzkumného projektu DG16P02M032 z výzvy NAKI II Ministerstva kultury ČR „Neinvazivní a šetrné postupy řešení kvality prostředí a údržby vodních prvků v rámci památkové péče“.*

# ÚHYNY RYB NA RYBNÍCE ZÁHUMENNÍ VELKÝ PŮSOBENÉ NEDOSTATEČNĚ FUNGUJÍCÍ ČISTÍRNOU ODPADNÍCH VOD

A TOTAL EXTINCTION OF FISH STOCK IN THE ZÁHUMENNÍ VELKÝ  
POND CAUSED BY INSUFFICIENTLY WORKING WASTEWATER  
TREATMENT PLANT

**Petr CHMELICKÝ<sup>1,✉</sup>, Ján Regenda<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Rybářství Chlumeck nad Cidlinou, a.s., Boženy Němcové 711/IV, 503 51 Chlumeck nad Cidlinou*

<sup>2</sup>*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice*  
✉ *chmelicky.petr@seznam.cz*

## Abstract

In August 2014 a total die-off of fish stock occurred in Záhumenní velký, a pond with a surface area of 5.85 ha. The investigation of the fish kill revealed that the Jabkenice WWTP located above the pond area had discharged water of inappropriate quality (N-NH<sub>4+</sub> - 99.3 mg/l) into the pond. During the years 2014 – 2017 the limit for BOD<sub>5</sub> (20 mg/l) was exceeded 3 times out of 12 samplings, the limit for COD<sub>Cr</sub> (90 mg/l) was exceeded 7 times out of 12 samplings, the limit for the N-NH<sub>4+</sub> (8 mg/l) was exceeded 11 times out of 112 samplings and the limit for the NL (20 mg/l) was exceeded 3 times out of 5 samplings at the effluent discharge in the Jabkenice WWTP. Above all, the N-NH<sub>4+</sub> parameter was significantly exceeded. The values higher than 60 mg/l of N-NH<sub>4+</sub> were detected in six cases of the abovementioned ten exceeded limits. This result most likely caused the death of the total fish stock in August 2014 and in August 2015.

**Keywords:** toxic necrosis of the gills, wastewater treatment plants, water quality, fish kill

## 1 ÚVOD

Na rybníce Záhumenní velký (5,85 ha, okres Mladá Boleslav), který obhospodařuje společnost Rybářství Chlumeck nad Cidlinou, a.s., došlo 14. 8. 2014 k totálnímu úhynu rybí obsádky. Při následném vyšetřování úhynu bylo

zjištěno, že čistírna odpadních vod Jabkenice (dále jen ČOV Jabkenice) nad ním položená vypouští do rybníku vodu nevhodné kvality a výrazně překračuje limity maximálního přípustného znečištění povolené vodoprávním úřadem. Z dlouhodobého hlediska tak rybník vykazuje silně hypertrofní charakter se všemi riziky, které s tímto stavem souvisí.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Chov ryb v rybnících, které zároveň slouží jako tzv. dočišťovací nádrže pro předčištěné odpadní vody z čistíren odpadních vod, má svá rizika. Rozhodujícím obdobím pro přežití rybí obsádky bývá jaro, popř. začátek léta. V tomto období, kdy se postupně zvyšuje teplota vody, dochází zpravidla k dynamickému rozvoji fytoplanktonu, zvyšování hodnoty pH a koncentrace volného amoniaku. Dalším rizikovým faktorem je také masivní rozvoj hrubého dafniového zooplanktonu spojený s deficitem ve vodě rozpuštěného kyslíku [1]. Zvýšené koncentrace amoniaku a vyšší hodnota pH spolu s úbytkem kyslíku ve vodním prostředí vytvářejí optimální podmínky pro rozvoj tzv. toxické nekrózy žaber. V důsledku i mírného poškození žaberního aparátu ryb dochází k výraznému poklesu vyžíracího tlaku rybí obsádky, což ještě více podpoří rozvoj hrubého dafniového zooplanktonu a prohloubí kyslíkové deficity. K jeho redukci bylo v minulosti možné používat přípravky Soldep a Diazinon 60 EC [2] [3] [4]. V současné době je však jediným způsobem, jak nadměrnému rozvoji zooplanktonu zamezit, nasazení dostatečně silné počáteční obsádky ryb – kaprů ( $600 - 700 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) [5].

Kyslíkové deficity lze do jisté míry řešit nasazením aerační techniky, avšak za podmínek dobře fungující fotosyntézy není použití aerátorů opodstatnitelné. Zároveň je důležité umístit je tak, aby nedocházelo k výraznému zvržení sedimentu a bakteriální vrstvy ode dna nádrže [6] [7] [8]. Jejich efektivnost je také problematická z hlediska vyšší teploty vody (vzduchu), která způsobí nižší rozpustnost kyslíku ve vodě.

V případě přikrmování obsádky ryb je potřeba na těchto typech rybníků velmi pozorně sledovat obsah rozpuštěného kyslíku nejen u hladiny, ale také v celém vodním sloupci. Podle kyslíkového režimu pak zvolit vhodnou krmnou strategii s cílem maximálního využití předkládaného krmiva a zamezení metabolické zátěže ryb v období kyslíkových deficitů [9].

## 3 METODIKA

Na ČOV Jabkenice je v současné době napojeno cca. 861 obyvatel. Kromě samotné obce Jabkenice (415 obyvatel) jsou napojeny také obce Charvátec (248)

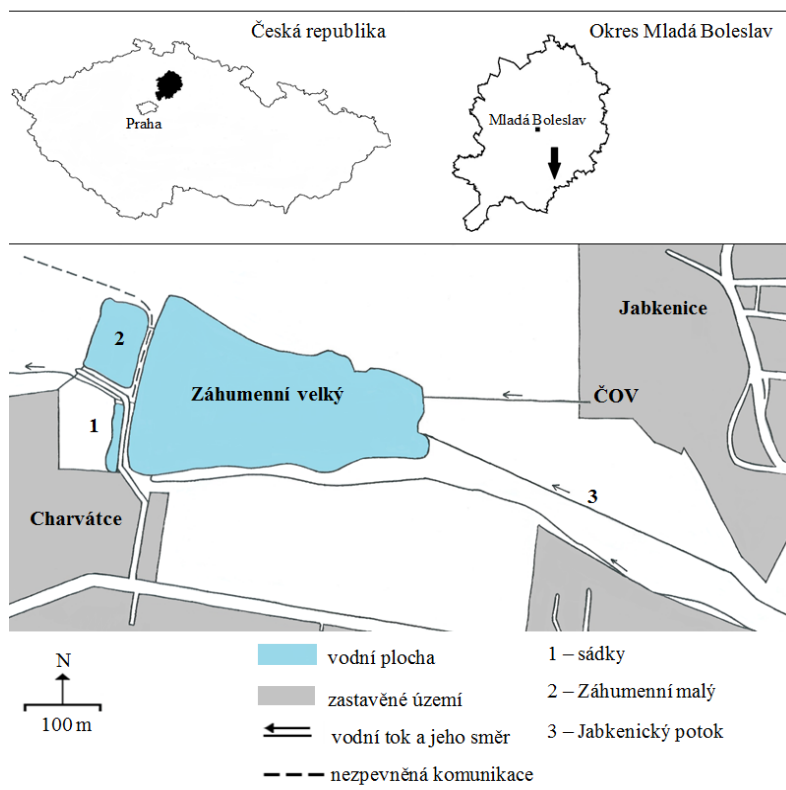


a Chudíř (198). Provozovatelem čistírny je společnost Vodovody a kanalizace Nymburk, a.s. Hodnoty povoleného znečištění vypouštěné odpadní vody uvádí tab. 1.

**Tab. 1** Hodnoty povoleného znečištění vypouštěné odpadní vody z ČOV Jabkenice

Ukazatel	CHSK <sub>Cr</sub>	BSK <sub>5</sub>	NL	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Max. hodnoty (mg·l <sup>-1</sup> )	90	20	20	8

Rybník Záhumní velký slouží z rybochovného hlediska jako tzv. hlavní a komorový. Jedná se o průtočný rybník, jehož jediným přítokem je Jabkenický potok. Kromě chovu ryb slouží rybník také jako zdroj vody pro níže položené sádky a rybník Záhumní malý. Situační náčrt rybníka ilustruje obr. 1.



**Obr. 1** Přehledová mapa rybníka Záhumní velký [10]

### 3.1 Sledování anorganických a fyzikálně – chemických parametrů kvality vody

V průběhu let 2014 – 2017 bylo v rámci diplomové práce na dané téma provedeno celkem dvanáct odběrů vzorků vody na odtoku z ČOV a v rybníce pro analýzu vybraných anorganických parametrů kvality vody v akreditované laboratoři ALS CZ, s.r.o. v České Lípě. Odběr vzorků probíhal v dopoledních hodinách a byly sledovány následující parametry: BSK<sub>5</sub> (biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní), CHSK<sub>Cr</sub> (chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanem draselným), N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (amoniakální dusík), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (dusičnany), NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (dusitany), TP (celkový fosfor), TN (celkový dusík), Cl<sup>-</sup> (chloridy) a NL<sub>105</sub> (nerozpuštěné látky sušené při 105 °C).

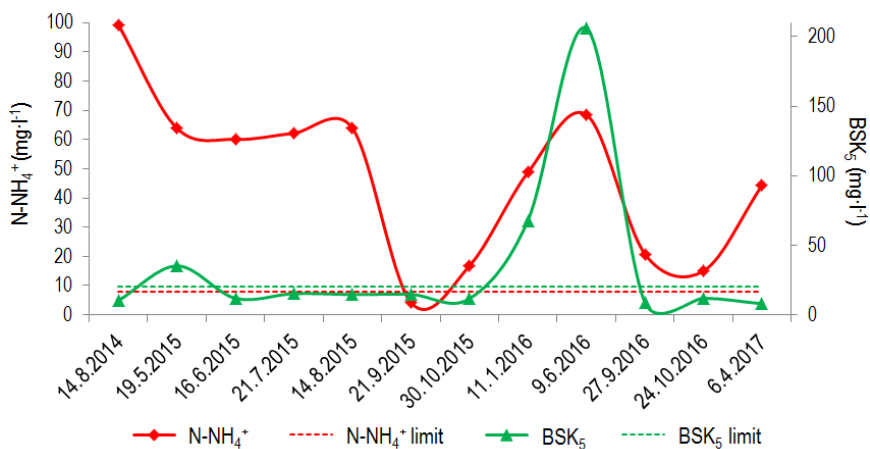
V průběhu roku 2015 (1. 5. – 20. 9.) pak byly ve čtrnáctidenních intervalech pomocí víceparametrového měřiče INSA MFD 79 sledovány následující fyzikálně – chemické parametry kvality vody: teplota vody a obsah rozpuštěného kyslíku vč. nasycení v % u hladiny a v hloubce 1,5 m, dále pak pH vody. Pomocí Secchiho desky byla sledovaná průhlednost vody. KNK<sub>4,5</sub> byla stanovena titrací 0,1 M HCl na metyloranž do bodu ekvivalence pH 4,5. Měření bylo prováděno v odpoledních hodinách (12:00 – 14:30).

## 4 VÝSLEDKY

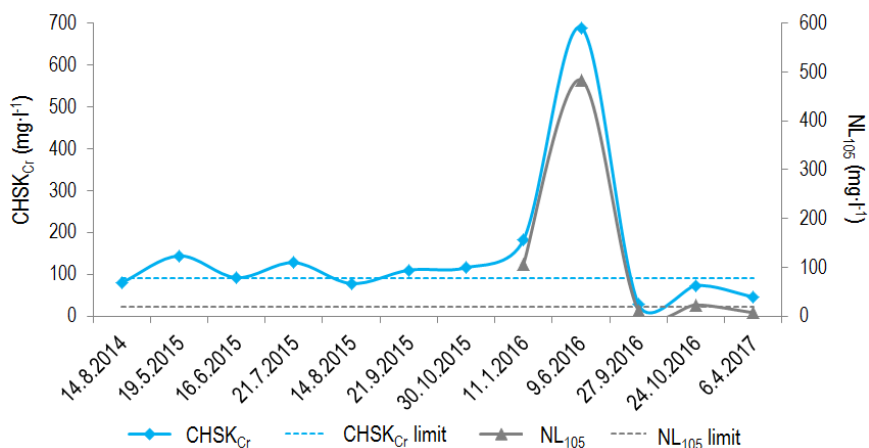
### 4.1 Kvalita vody

Sledováním anorganických parametrů kvality vody na odtoku z ČOV Jabkenice bylo zjištěno, že v průběhu let 2014 – 2017 byl limit pro BSK<sub>5</sub> (20 mg·l<sup>-1</sup>) překročen 3x z 12 provedených odběrů, limit pro CHSK<sub>Cr</sub> (90 mg·l<sup>-1</sup>) 7x z 12 provedených odběrů, limit pro N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (8 mg·l<sup>-1</sup>) 11x z 12 provedených odběrů a limit pro NL (20 mg·l<sup>-1</sup>) 3x z 5 provedených odběrů (obr. 2 a 3). Velmi výrazně byl překračován především parametr N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, kdy ze zmíněných jedenácti překročení byly v šesti případech zjištěny hodnoty vyšší než 60 mg·l<sup>-1</sup>.

Vývoj fyzikálně – chemických parametrů kvality vody v průběhu vegetační sezóny 2015 odpovídal na živiny bohatým rybníkům. Jarní období bylo charakteristické vysokými hodnotami pH (8 – 9,3), zatímco rozdíl v nasycení jednotlivých vrstev vodního sloupce kyslíkem nebyly v tomto období nijak výrazné. V druhé polovině vegetačního období docházelo k výraznému prohlubování rozdílů nasycení vody kyslíkem mezi jednotlivými vrstvami vodního sloupce. Průměrná hodnota KNK<sub>4,5</sub> za sledované období byla 2,2 mmol·l<sup>-1</sup>. Přehled fyzikálně – chemických parametrů kvality vody za sledované období je uveden v příloze 1.



**Obr. 2** Grafické znázornění překračování maximálních hodnot povoleného znečištění ( $N-NH_4^+$ ,  $BSK_5$ ) vypouštěného z ČOV v Jabkenicích [10]



**Obr. 3** Grafické znázornění překračování maximálních hodnot povoleného znečištění ( $CHSK_{Cr}$ ,  $NL_{105}$ ) vypouštěného z ČOV v Jabkenicích [10]

## 4.2 Úhyn ryb v roce 2014

K totálnímu úhynu rybí obsádky na rybníce Záhumní velký došlo 14. 8. 2014. Ihned po zjištění úhynu byly odebrány vzorky vody pro laboratorní vyšetření a to na odtoku z ČOV Jabkenice a u výpustního zařízení rybníka. Bylo zjištěno mnohonásobné překročení povoleného limitu pro  $N-NH_4^+$  ( $99,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) na odtoku z čistírny. Celkový výsledek laboratorní zkoušky zobrazuje tab. 2.

Nasazenou obsádku ryb na rybníce Záhumenní velký v roce 2014 zobrazuje tab. 3.

**Tab. 2** Anorganické parametry kvality vody při úhynu v sprnu 2014. Vzorky byly odebrány v 9:00.

Místo odběru	BSK <sub>5</sub>	TN	Cl <sup>-</sup>	CHSK <sub>Cr</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	TP
Odtok z ČOV (mg·l <sup>-1</sup> )	10,3	105	91,7	80	1,8	2,51	99,3	3,25
Rybník (mg·l <sup>-1</sup> )	7	8,3	16,7	55	<0,27	0,0055	1,91	0,951

Červeně vyobrazené hodnoty značí překročení maximálních hodnot povoleného vypouštěného znečištění.

**Tab. 3** Obsádka rybníka v roce 2014.

Obsádka				Výlov		
Druh ryby	Počet ryb (ks)	Celková hmotnost (kg)	Kusová hmotnost (kg·ks <sup>-1</sup> )	Počet ryb (ks)	Celková hmotnost (kg)	Kusová hmotnost (kg·ks <sup>-1</sup> )
K <sub>2</sub>	4000	850	0,21	ÚHYN		
Ab	300	150	0,5			
Tb	500	350	0,7			
L	600	200	0,33			
Š	100	30	0,3			

### 4.3 Úhyn ryb v roce 2015

Po zkušenostech z roku 2014 byla v souladu s doporučeným metodickým pokynem vysazena silnější obsádka ryb [5], zároveň byla na rybník již v polovině června nasazena aerační technika. Kvůli zhoršujícím se podmínkám (ranní deficity O<sub>2</sub>, vysoké teploty, nízké průtoky vody) bylo od začátku srpna úplně upuštěno od příkrmování. K hromadnému úhynu došlo 13. a 14. srpna (obr. 4). Nezávisle na sobě byly provedeny analýzy vzorků vody ve dvou laboratořích (ALS CZ, s.r.o a SVÚ Praha Lysolaje – oddělení chemie). U obou odběrů byl přítomen zástupce vodoprávního úřadu (MěÚ Mladá Boleslav). Z výsledků vyplynulo, že byl opět mnohonásobně překročen limit na odtoku z ČOV pro parametr N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Fyzikálně – chemické parametry kvality vody během úhynu uvádí tab. 4. Výsledky laboratorních zkoušek zobrazuje tab. 5 a tab. 6. Nasazenou obsádku ryb na rybníce Záhumenní velký v roce 2015 uvádí tab. 7.

**Tab. 4** Fyzikálně – chemické parametry kvality vody při úhynu v srpnu 2015.

Datum a čas	T vzduch (°C)	T voda (°C)		O <sub>2</sub> (mg·l <sup>-1</sup> )		O <sub>2</sub> nasycení (%)		Průhl. (cm)	pH	KNK <sub>4,5</sub> (mmol·l <sup>-1</sup> )
		h	1,5	h	1,5	h	1,5			
13.8. (8:00)		26	26	2,5	1,5	30	18			
14.8. (9:00)	25	25,5	25,5	3,19	3	38	36	20	7,8	2,6

T: teplota; h: hladina; O<sub>2</sub>: rozpuštěný kyslík; Průhl: průhlednost vody; KNK<sub>4,5</sub>: kyselinová neutralizační kapacita (celková alkalita).

**Tab. 5** Anorganické parametry kvality vody při úhynu v srpnu 2015. Vzorky byly odebrány v 9:00 (ALS CZ, s.r.o.).

Místo odběru	BSK <sub>5</sub>	TN	CHSK <sub>Cr</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	TP
Odtok z ČOV (mg·l <sup>-1</sup> )	14,6	72,7	78	21,4	5,9	63,88	2,63
Rybník (mg·l <sup>-1</sup> )	5,6	5,1	92	<0,27	0,06	2,08	0,65

Červeně vyobrazené hodnoty značí překročení maximálních hodnot povoleného vypouštěného znečištění.

**Tab. 6** Anorganické parametry kvality vody při úhynu v srpnu 2015. Vzorky byly odebrány v 9:00 (SVÚ Praha Lysolaje – oddělení chemie).

Místo odběru	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CHSK <sub>Mn</sub>	Cl	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>3</sub>	pH
Odtok z ČOV (mg·l <sup>-1</sup> )	35,6	4,63	29,1	143,8	67,76	1,49	7,5
Rybník (mg·l <sup>-1</sup> )	<0,5	0,19	23,6	40,1	2,86	0,06	7,5

Červeně vyobrazené hodnoty značí překročení maximálních hodnot povoleného vypouštěného znečištění.

**Tab. 7** Obsádka rybníka v roce 2015.

Obsádka				Výlov		
Druh ryby	Počet ryb (ks)	Celková hmotnost (kg)	Kusová hmotnost (kg·ks <sup>-1</sup> )	Počet ryb (ks)	Celková hmotnost (kg)	Kusová hmotnost (kg·ks <sup>-1</sup> )
K <sub>3</sub>	3500	2200	0,63	250	570	2,28
Ab	700	400	0,57	ÚHYN		
Tb	800	600	0,75	60	180	3
L	400	100	0,25	ÚHYN		
Š	80	30	0,38			



*Obr. 4 Uhynulé ryby na rybníce Záhumenní velký v srpnu 2015 (Foto: autor).*

## 5 DISKUZE

Amoniak se ve vodním prostředí vyskytuje ve dvou formách, a to jako  $\text{NH}_4^+$  (disociovaná forma) a  $\text{NH}_3$  (nedisociovaná forma). Amoniak ve formě  $\text{NH}_3$  je pro vodní organismy silně toxický. Poměr těchto dvou forem je závislý na hodnotě pH a teplotě vody. Se vzrůstající teplotou vody a rostoucí hodnotou pH roste podíl  $\text{NH}_3$  na úkor  $\text{NH}_4^+$ . Se snižující se koncentrací ve vodě rozpuštěného kyslíku se citlivost ryb k  $\text{NH}_3$  zvyšuje. V testu akutní toxicity byla pro kaprovité ryby zjištěna hodnota 48hLC50 1–1,5  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$   $\text{NH}_3$ . Nejvyšší přípustná koncentrace  $\text{NH}_3$  pro kaprovité ryby v rybníce je 0,05  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$   $\text{NH}_3$  [11]. Ačkoli zjištěné koncentrace  $\text{NH}_3$  v rybníce nebyly v době úhynu bezprostředně letální (0,06  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$   $\text{NH}_3$ ), je vzhledem k dlouhodobému sledování kvality předčištěné odpadní vody z ČOV Jabkenice zřejmé (příloha 2), že podmínky pro uvolňování toxického amoniaku se vytvářely dlouhodobě (příloha 1) a vedly k poškození žaberního aparátu přítomných ryb (toxická nekróza žaber). Zjištěné koncentrace obsahu kyslíku ve vodě ve dnech 13. 8. a 14. 8. 2015 jsou sice nízké (1,5–3,19  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), avšak zdravá ryba by je měla bez problémů překonat [12]. Na rybníce Mrštín, který je od místa vzdálený 2 km bylo 13. 8. naměřeno ve stejnou denní dobu (tj. 8:00 ráno) u hladiny pouhých 0,4  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$   $\text{O}_2$  a v hloubce 1,5 m dokonce žádný kyslík nebyl, přesto k úhynu nedošlo [10].

Při nastaveném způsobu rybářského obhospodařování v roce 2014 činila spotřeba krmiva (pšenice) do úhynu (tj. do poloviny srpna) 8600 kg (1470  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Do tohoto období se na rybních zpravidla spotřebuje cca. 70 % celkové plánované spotřeby krmiva za produkční rok [13]. Pokud by k úhynu nedošlo, byla by tedy spotřeba cca. 12 286 kg krmiva (tj. 2100  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Podle věstníku MŽP [1] nemá při polointenzivním způsobu rybářského hospodaření překročit spotřeba krmiva za produkční rok 3000  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Zároveň by hodnota relativního

krmeného koeficientu (RKK) neměla překročit hodnotu 2,5 [6]. V roce 2015 bylo spotřebováno za stejné období 7500 kg krmiva (tj. 1282 kg·ha<sup>-1</sup>). Pokud by k úhynu nedošlo, byla by spotřeba cca. 10 714 kg krmiva (tj. 1831 kg·ha<sup>-1</sup>). Relativní krmný koeficient byl v roce 2015 sledován pomocí kontrolních odlovů vrhací sítí a za dobu sledování hodnotu 2,5 nepřekročil. Iniciační obsádky byly v obou letech orientovány polykulturně s cílem lépe využít potravní nabídku rybníka [15]. Nasazení silnější obsádky ryb v roce 2015 (celkem 569 kg·ha<sup>-1</sup>, z toho K<sub>3</sub> 376 kg·ha<sup>-1</sup>) zamezilo rozvoji hrubého dafniového zooplanktonu, což bylo potvrzeno sledováním [10]. Způsob rybářského obhospodařování v obou letech byl v souladu s řádnou rybníkářskou praxí, platnými povoleními a doporučenými metodickými pokyny.

## 6 ZÁVĚR

1. Sledováním kvality vypouštěné předčištěné odpadní vody z ČOV Jabkenice v letech 2014 – 2017 bylo zjištěno, že limit pro BSK<sub>5</sub> (20 mg·l<sup>-1</sup>) byl překročen 3x z 12 provedených odběrů, limit pro CHSK<sub>Cr</sub> (90 mg·l<sup>-1</sup>) 7x z 12 provedených odběrů, limit pro N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (8 mg·l<sup>-1</sup>) 11x z 12 provedených odběrů a limit pro NL (20 mg·l<sup>-1</sup>) 3x z 5 provedených odběrů.

2. Úhyny ryb v obou letech byly s největší pravděpodobností způsobeny zvýšenými koncentracemi amoniakálního dusíku ve vodním prostředí, v důsledku nadměrného přísunu organických látek a amoniaku z ČOV Jabkenice.

3. V roce 2014 došlo k totálnímu úhynu rybí obsádky, v roce 2015 byly ztráty v důsledku úhynu následující: K<sub>3</sub> 93 %, Tb 92,5 %, Ab, L a Š 100 %.

4. Nastavený způsob rybářského hospodaření byl v souladu se správnou rybníkářskou praxí (RKK do 2,5 a spotřeba krmiva do 3000 kg·ha<sup>-1</sup>).

5. Při odběru vzorků vody na analýzy v akreditované laboratoři je pro potřeby správného řízení potřeba zajistit přítomnost zástupce vodoprávního úřadu nebo ČIŽP, popř. nechat vzorek odebrat samotnými pracovníky laboratoře, ač to zvýší náklady na zpracování vzorků. Jen tento postup je totiž zárukou, že o věrohodnosti odebraných vzorků nebude pochybováno.

6. Výsledky laboratorních rozborů vody ve sledovaném období napovídají, bez ohledu na úhyn obsádky v důsledku vysokých koncentrací amoniakálního dusíku v rybníku, že rybník coby recipient vody v krajině dokáže svou samočisticí schopností vysoce účinně absorbovat a odbourávat organickou hmotu a jednoznačně tak přispívá ke zvyšování kvality povrchových vod, a to i při probíhajícím rybářském hospodaření.

## Literatura

- [1] FAINA, R. Možnosti chovu ryb v extrémních podmínkách rybníků *zatěžovaných odpadními vodami organické povahy*. In: Sborník referátů konference Intenzifikace rybářské výroby a kvalita vody 8. a 9. 12. 1987. Velké Meziříčí, ČSVTS. 1987. 73 – 78 s.
- [2] FAINA, R., MÁCHOVÁ, J., SVOBODOVÁ, Z., KROUPOVÁ, H., VALENTOVÁ, O. *Použití přípravku Diazinon 60 EC v rybníkářské praxi k tlumení nadměrného rozvoje hrubého dafniového zooplanktonu*. Vodňany: Edice Metodik, VÚRH JU, č. 80. 2007. 18 s.
- [3] FAINA, R., SVOBODOVÁ, Z. *Použití přípravku Soldep v rybářství*. Vodňany: Edice Metodik, VÚRH JU, č. 12. 1984. 15 s.
- [4] SVOBODOVÁ, Z. *Výskyt případů autointoxikace kaprů amoniakem v praxi*. In: Sborník referátů konference Intenzifikace rybářské výroby a kvalita vody 8. a 9. 12. 1987. Velké Meziříčí, ČSVTS. 1987. 161 – 167 s.
- [5] FAINA, R., KUBŮ, F. *Chov ryb ve stabilizačních a akumulacích rybníciích*. Vodňany: Edice Metodik, VÚRH JU, č. 31. 1989. 11 s.
- [6] HARTMAN, P., REGENDA, J. *Praktika v rybníkářství*. Vodňany: FROV JU. 2014. 374 s. ISBN 978-80-7514-009-8.
- [7] KOPP, R., BRABEC, T., HADAŠOVÁ, L., LANG, Š., LUKAS, V., MAREŠ, J. *Použití aerační techniky na hypertrofních rybníciích v letním období*. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů konference Chov ryb a kvalita vody 2. 21. a 22. 2. 2013. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR. 2013. 17 – 20 s. ISBN 978-80-87699-02-7
- [8] POKORNÝ, J. *Identifikace a eliminace rizik kyslíkových deficitů*. ENKI Třeboň. Technická zpráva pilotního projektu EU č. CZ.1.25/3.4.00/13.00445. 2014. 60 s.
- [9] KOPP, R., HADAŠOVÁ, L., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J. *Diurnální změny hodnot rozpuštěného kyslíku a pH v intenzivně obhospodařovaných rybníciích*. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů konference Chov ryb a kvalita vody. 23. 2. 2012. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR. 2012 65 – 72 s.
- [10] CHMELICKÝ, P. *Chov ryb v rybníciích zatížených komunálními vodami*. Diplomová práce FROV JU. 2017. 115 s.
- [11] SVOBODOVÁ, Z., MÁCHOVÁ, J., KROUPOVÁ, H. *Otravy ryb*. In: Z. Svobodová (Ed.), Veterinární toxikologie v klinické praxi. Praha: Profi Press. 2017. 217 – 237 s. ISBN 978-80-86726-83-0
- [12] FAINA, R. *Znalecký posudek: Úhyn ryb na rybníku Záhumenním velkém, 5,85 ha, k. ú. Charvátce, CZ 21071821, ve dnech 13. a 14. 8. 2015*. 2015. 3 s.



- [13] SCHÄPERCLAUS, W., LUKOWICZ, M. *Lehrbuch der Teichwirtschaft (4. neubearbeitete Auflage)*. Berlin: Parey Buchverlag. 1998. 590 s.
- [14] [http://www.mzp.cz/web/edice.nsf/59E37DB4719BE3EAC1256F5C002C4C68/\\$file/vestnik02-2003.pdf](http://www.mzp.cz/web/edice.nsf/59E37DB4719BE3EAC1256F5C002C4C68/$file/vestnik02-2003.pdf)
- [15] RAHMAN, M. M., VERDEGAM, M. C. J., NAGELKERKE, L. A. J., WAHAB, M. A., MILSTEIN, A., VERRETH, J. A. J. *Growth, production and food preference of rohu Labeo rohita (H.) in monoculture and in polyculture with common carp Cyprinus carpio (L.) under fed and non-fed ponds*. *Aquaculture* 257. 2006 359 – 372 s.

*Příloha 1: Přehled fyzikálně – chemických parametrů kvality vody na rybníce Záhumní velký v roce 2015.*

Datum 2015	Teplota vzduchu (°C)	Teplota vody (°C)		Obsah kyslíku (mg·l <sup>-1</sup> )		Obsah kyslíku (%)		Průhlednost vody (cm)	pH	KNK <sub>4,5</sub> (mmol·l <sup>-1</sup> )
		hladina	1,5 m	hladina	1,5 m	hladina	1,5 m			
1.5.	18	14	13,9	16	16	160	155	20	9,3	2,3
16.5.	22	19,1	18	7,2	5,2	78	54	35	8	2,5
27.5.	12,5	16,5	16,5	10,2	10,8	105	111	35	8,4	2,4
13.6.	30	27,5	22,7	21,5	8,3	270	96	30	9,3	1,6
27.6.	22	22	18,7	16,4	1,7	189	18	15	8,9	2
11.7.	24	25	20	8,4	3,5	101	38	30	8,7	1,8
25.7.	27,5	24	23,4	1,9	0,5	22	6	15	7,2	2,2
6.8.	33,5	26	23,9	19,3	6,8	240	80	15	8,4	2,3
22.8.	25	22,5	22,1	19,2	19,4	222	223	10	8,9	2,3
6.9.	12,5	18	18	6,4	6,3	67	66	10	7,8	2
20.9.	16,5	17,8	17,8	4,2	3,8	44	40	20	7,5	2,8

*Příloha 2: Přehled výsledků zkoušek anorganických parametrů kvality vody na odtoku z ČOV Jabkenice a v rybníce Záhumní velký během let 2014 – 2017.*

Datum	BSK <sub>5</sub> (mg·l <sup>-1</sup> )		CHSK <sub>Cr</sub> (mg·l <sup>-1</sup> )		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg·l <sup>-1</sup> )		NL <sub>105</sub> (mg·l <sup>-1</sup> )		TP (mg·l <sup>-1</sup> )	
	odtok z ČOV	rybník	odtok z ČOV	rybník	odtok z ČOV	rybník	odtok z ČOV	rybník	odtok z ČOV	rybník
2014										
14.8.	10,3	7	80	55	99,3	1,91			3,25	0,95
2015										
19.5.	35,2	2,5	144	30	63,9	1,52			4,21	0,13
16.6.	11,9	6,2	92	45	60,1	0,48			6,02	0,2
21.7.	15,3	7,7	128	121	62,2	2,35			9,74	0,74
14.8.	14,6	5,6	78	92	63,9	2,08			2,63	0,65
21.9.	14,8	3,3	110	52	4,26	0,78			3,96	0,37
30.10.	11,6	2,5	116	33	16,8	0,99			7,3	0,37
2016										
11.1.	68		183		48,8		107			
9.6.	206		690		68,5		484			
27.9.	8,8		29		20,8		11			
24.10.	12		73		15		23			
2017										
6.4.	8		46		44,3		7			

**POŠLI TO DÁL – ANEB Z ČEHO PRŮHONICKÝ PARK  
VYRÁBÍ BIOMASU SINIC PRO NÁDRŽ HOSTIVAŘ?  
PAY IT FORWARD – ALIAS FROM WHICH IS THE PRŮHONICE PARK  
PRODUCING BIOMASS OF CYANOBACTERIA FOR THE HOSTIVAŘ  
WATER RESERVOIR?**

**Eliška MARŠÁLKOVÁ<sup>1,✉</sup>, Petr Petřík<sup>2</sup>, Blahoslav Maršálek<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Botanický ústav AV ČR v. v. i., Oddělení experimentální fykologie a ekotoxikologie,  
Lidická 25/27, 602 00 Brno*

<sup>2</sup>*Botanický ústav AV ČR v. v. i., Oddělení GIS a DPZ, Zámek 1, 252 43 Průhonice  
✉ eliska.marsalkova@ibot.cas.cz*

**Abstract**

The UNESCO World Heritage Site – Průhonice Park is visited by hundreds of thousands of people annually. The view of the park ponds, however, has been immaculate in the past five years because it is covered by a continuous layer of cyanobacteria forming a water bloom. Park management has invested more than CZK 100 million in the restoration of landscape scenery and dendrological care, but smelly water elements in the park (the system of weirs, streams and reservoirs) are repellent. The survey of inflows into the park showed that the resources of the jump water quality deterioration are predominantly two: 1) the rapid growth of the population of the overloaded sewage treatment plant without tertiary treatment near the park; and 2) the increase in roofs, free-flow areas of satellite settlements and other buildings, including shopping zones. These sources are not only a major source of nutrients for cyanobacterial biomass, but torrential rainfall causes significantly higher hydraulic stresses for the flow channels. The subsequent floodplains and sediments settle in the ponds of Průhonice park and contribute in the season to massive development of cyanobacteria but also to long-term survival in the mud. Ponds in the Průhonice Park have served as a powerful pre-cultivation plant for the cyanobacteria, which was flushed to the Hostivař reservoir by the Botič stream in the last three years.

The problem needs to be addressed in terms of farming in the surrounding landscape. In 2015, therefore, the Institute of Botany commissioned a feasibility study on the design of real

revitalization, flood and anti-erosion measures in the upper Botič catchment area. A part of the study was the recommendation of how to manage ecologically and nature-friendly stretches of watercourses and stretches (wetland remnants, preserved shores and alluvial forests or shrubs) and improvements in disturbed sections (kinking, straightening). This is a complex of organizational (eg compliance with Good Agricultural and Environmental Standards supporting sustainable farming), agrotechnical (anti-erosion plowing) and technical measures (construction of polders in major watercourses of the Botič basin, anti-erosion ditches, terraces, revitalisation of meandres), but their realization calls for the mutual cooperation of many entities.

**Keywords:** water bloom, water pollution, revitalisation, landscape management

## 1 ÚVOD

Památku UNESCO – Průhonický park navštěvují ročně statisíce lidí. Pohled na parkové rybníky je však v posledních pěti letech nevábný a nevonný, protože je zejména v letních měsících pokryt souvislou vrstvou sinic tvořících vodní květ (Obr. 1 a 2). Dominuje zde celoročně rod *Microcystis* doplněný z jara rody *Dolichospermum* a *Aphanizomenon*, od srpna do konce sezony podporovaný rodem *Planktothrix*. Správa Průhonického parku investovala více než 100 milionů Kč do obnovy krajinných scenerií a dendrologické péče, ale občas páchnoucí vodní prvky v parku (systém jezů, toků a nádrží) působí na návštěvníky odpudivě. Z průzkumu přítoků do parku vyplynulo, že zdroje skokového zhoršení kvality vody jsou především dva: 1) čistírny odpadních vod bez terciálního čištění v samé blízkosti parku (Zdiměřice, Dobřejovice, Jesenice-Osnice) přetěžované rychlým nárstem obyvatel a 2) skokový nárůst zastřešených, zpevněných bezodtokových ploch satelitních sídlišť a dalších staveb včetně nákupních zón, zaústěných do Jesenického a Dobřejovického potoka a do Botiče (obr. 2). Botič je na průtoku Prahou se svými 21 km z celkových 34,5 km jedním z jejich nejdelších toků. Plocha jeho povodí je 135,8 km<sup>2</sup> a průměrný průtok činí 0,44 m<sup>3</sup>/s. Botič protéká Průhonickým parkem a místy zalesněným údolím Průhonic meandruje přes Křeslice do Prahy [1][2].

Výše zmíněné zdroje živin jsou zásadní pro biomasu sinic, přičemž přívalové srážky způsobují podstatně vyšší hydraulický stres pro koryta toků. Následné plaveniny i splaveniny se usazují v podobě sedimentů v rybnících Průhonického parku (Bořín, Labeška a Podzámecký), a přispívají tak v sezoně k masovému rozvoji sinic. Jak dokládá naše měření zaměřené na sledování

kvality vody i sedimentů v posledních třech letech, tak kvůli dlouhodobému přežívání sinic v bahně slouží rybníky v Průhonickém parku jako výkonné předkultivační zařízení pro sinice. Sinice jsou Botičem odplaveny do VN Hostivař, která je určena pro rekreaci, rybářství a slouží i k ochraně proti povodním. Její součástí je také malá vodní elektrárna. To samozřejmě může mít negativní dopad na zdraví obyvatel, a proto je třeba problém urychleně řešit.

Domníváme se, že problém silného znečištění vody v Průhonickém parku je třeba řešit s ohledem na hospodaření v okolní krajině. V roce 2015 si proto naše pracoviště nechalo zpracovat studii proveditelnosti zaměřenou na návrh reálných revitalizačních, protipovodňových a protierozních opatření v horním povodí Botiče. Součástí studie byl doporučený způsob správy ekologicky hodnotných a přírodě blízkých úseků vodních toků a úseků (zbytky mokřadů, zachovalejších břehových porostů a lužních lesů nebo křovin) a zlepšení u narušených úseků (zatrubnění, napřímení). Jde o komplex organizačních (např. dodržování standardů podporující udržitelné zemědělské hospodaření), agrotechnických (protierozní orba) a technických opatření (výstavba suchých nádrží na všech hlavních vodních tocích povodí Botiče, meze, průlehy, hrázky, zasakovací pásy, protierozní příkopy, terasy, sanace strží; blíže viz [1] a obr. 3).

## 2 PRŮZKUM KVALITY VODY PŘÍTOKŮ DO PARKU A VODNÍCH PRVKŮ V PARKU

Cílem našeho sledování je vytipovat zdroje znečištění, kterým je ovlivňována kvalita vody přítékající do Průhonického parku a vodních prvků. Obrázek 5 zobrazuje sledované lokality tak, jak byly navštěvovány v průběhu roku 2016–2017. Na základě několikaletého sledování budeme moci navrhnout příslušná opatření vedoucí ke zlepšení kvality vody v parku a následně i ke zlepšení kvality vody vodní nádrže Hostivař.

### 2.1 Metody měření

Fyzikálně-chemické parametry *in-situ* byly stanovovány pomocí multiparametrické sondy YSI 6600 (obr. 6), vzorky pro analýzy fyzikálně-chemických parametrů byly odebírány dle ČSN EN ISO 5667 jakožto směsný vzorek. Kvantifikace fytoplanktonu byla stanovována fluorescenčně pomocí sondy FluoroProbe (bbeMoldaenke) a determinace fytoplanktonu pomocí světelného mikroskopu s fluorescencí Olympus BX60. Chemické analýzy byly provedeny v laboratoři spektrofotometricky pomocí kyvetových testů HachLange. Výsledky měření shrnují tab. 1 až 3.

## 2.2 Výsledky měření

Byly sledovány následující ukazatele kvality vody. Chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Cr</sub>), celkový organický uhlík (TOC), celkový fosfor (P<sub>c</sub>), biodostupný fosfor – fosfátový fosfor (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), amoniakální dusík (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), dusičnanový dusík (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Naměřené hodnoty jsou porovnány se standardy ukazatelů přípustného znečištění vod, které jsou dány Nařízením vlády č. 401/2015 o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod [4]. Odkazujeme zejm. na tabulky s emisními standardy a koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod. Vzhledem k území nás zajímaly hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a vod užívaných pro vodárenské účely, koupání osob a kaprové vody (hodnoty jsou v tab. 1 označeny **červeně** – přípustné znečištění pro povrchové vody roční průměr, **modře** – průmyslové vody – zpracování a konzervování masa a výroba masných výrobků, emisní standardy: přípustné hodnoty znečištění pro vypouštěné odpadní vody, **zeleně** – kategorie ČOV do 2000 EO, přípustné hodnoty, **hnědě** - kategorie ČOV do 10 000 EO, přípustné hodnoty).

**Tab. 1** Chemické parametry přítoků do parku (léto 2017). Lokality odpovídají číslům na obr. 5. Viz též obr. 7 a 8. Tučně jsou hodnoty překračující normy.

	parametr	CHSK <sub>Cr</sub>	TOC	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P <sub>c</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
lokality	jednotky	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	odtok - Nový rybník	18,9 <b>26</b>	7,6 <b>10</b>	<0,05	0,05 <b>0,15</b>	0,06 <b>0,23</b>	1,61 <b>5,4</b>
2	odtok ČOV Dobřejšovice – Alimpex - Maso, s.r.o.	55,9 <b>200</b>	18,5	1,54	1,55 <b>10</b>	0,08 <b>20</b>	<0,23
3	Botič – přítok do parku	12,3 <b>26</b>	5,8 <b>10</b>	0,21	0,24 <b>0,15</b>	0,03 <b>0,23</b>	5,88 <b>5,4</b>
4	Zdiměřice – odtok ČOV	22,2 <b>125</b>	8,9	1,17 (Průměr) <b>20</b>	1,24 -	0,07	5,88
5	Jesenice/Osnice – odtok ČOV	22,4 <b>120</b>	8,7	0,27 (Průměr) <b>20</b>	0,32 (Průměr) <b>3</b>	0,08	10,70
6	nádrž pod ČOV v parku – odtok	21,8 <b>26</b>	8,6 <b>10</b>	0,45	0,48 <b>0,15</b>	0,52 <b>0,23</b>	7,64 <b>5,4</b>
7	Botič – pod autoprovazem	28,8 <b>26</b>	10,8 <b>10</b>	<0,05	0,06 <b>0,15</b>	0,06 <b>0,23</b>	1,71 <b>5,4</b>
8	Botič - v rybníku Labeška	16,6 <b>26</b>	6,3 <b>10</b>	0,39	0,40 <b>0,15</b>	0,20 <b>0,23</b>	5,97 <b>5,4</b>

Přestože většina naměřených hodnot odtoků z ČOV nepřekračuje povolené limity (viz tab. 1) vypouštění odpadní vod, vnos živin je dostatečný pro rozvoj vodního květu sinic (240 µg/l chlorofylu v Podzámeckém rybníku, viz tab. 2). Nejkritičtější jsou situace pod odtokem z ČOV.

**Tab. 2** Kvantifikace fytoplanktonu v přítoku do Podzámeckého rybníku (viz obr. 9) a v rybníku samotném (léto 2016).

fytoplankton	zelené řasy	sinice	rozsivky	skrytěnky	celkový chlorofyl
jednotky	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Přítok do rybníku	76,0	53,4	28,3	2,6	160,3
Podzámecký rybník	84,5	140,6	13,5	1,7	240,3

**Tab. 3** Fyzikálně chemické parametry vodních prvků v Průhonickém parku měřené in-situ pomocí multiparametrické sondy YSI 6600 (léto 2016).

parametr	teplota	vodivost	pH	rozpuštěný kyslík		zákal	chlorofyl	sinice
jednotky	°C	µS/cm		%	mg/l	NTU	µg/l	b/ml
přítok do Podzámeckého rybníku	13,7	660	7,63 5-9	84,4	8,7 >9	29	18,7	12436
Podzámecký rybník	16,4	698	8,5	79,4	7,8	45	115,1	130871

### 3 DISKUSE A ZÁVĚR

Průhonický park je ceněn pro svou estetickou a historickou hodnotu, kterou v posledních letech degraduje masový rozvoj sinic v tocích a nádržích parku. Protože jde o problematiku, která výrazně překračuje hranice parku a která má zdroje znečištění mimo park, jsou připravována opatření, která by měla integrovat aktivity v povodí toků přitékajících do parku. Cílem plánovaných opatření je omezení přísunu živin a organického znečištění přitékajících z okolních obcí do Průhonického parku a v důsledku toho omezení rozvoje vodního květu sinic.

V první řadě je potřeba dokončit aktualizaci zdrojů znečištění a to měřením vybraných parametrů přímo na místě (*in situ* monitoring) s cílem podchytit variabilitu v extrémních hydrologických událostech. Přípustné hodnoty sledovaných látek jsou většinou nastaveny na roční průměry, přičemž naměřené

hodnoty většinou tyto limity přesahují a to ve zvláště vysokých koncentracích na odtocích z ČOV nebo rybníků (Tab. 1–3), kde dochází k uvolňování ze sedimentů nebo činností sinic a ryb. Znečištěné povrchové vody ale pocházejí také z černých úniků odpadních vod i z osídlených oblastí, což je patrné zejm. v době sníženého průtoku, kdy byly opakovaně podávány podněty na ČIŽP.

Voda v potocích (Jesenický/Zdiměřický, Botič a Dobřejovický) s sebou nese živiny a znečištění nejen pro rybníky v parku. V povodí těchto potoků se nacházejí nádrž Osnice (pod stejnojmennou obcí) a Nový rybník (pod Dobřejovicemi), které již nyní slouží jako zdroj sinic, které se následně množí v Průhonickém parku a mohou být splavovány i do rekreační nádrže Hostivař. Nádrž Osnice, která sloužila jako sedimentační nádrž, v současné době prochází odbahněním a rekonstrukcí hráze. Po jejím opětovném napuštění bude nutné kontrolovat vstupy a zdroje živin v této lokalitě. Nádrž Nový rybník je dalším detekovaným zdrojem sinic pro park a také zde bude nutná revize a identifikace zdrojů znečištění vody. Zajímavé je snížení obsahu živin při srovnání na vtoku (lokalita č. 3) a výtoku do Průhonického parku (lokalita č. 7), což je vykoupeno zatížením sedimentů v rybnících (např. Labeška – lokalita č. 8). Na druhou stranu chemická spotřeba kyslíku je stále v Botiči kritická a může mít v případě nižšího průtoku v letních dnech fatální následky na živé organismy ve vodě.

Problematickou částí je retenční nádrž pod čistírnou odpadních vod Jesenice, kde je v současné době nahromaděno více než 1,5 metru anaerobního zapáchajícího sedimentu (obr. 6) a to i přes skutečnost, že tato nádrž byla čistěna před čtyřmi roky. To dokazuje excesivní zdroje znečištění v této lokalitě a nutnost je identifikovat. Odběry a následné chemické a biologické rozborů těchto sedimentů jsou v přípravě.

Po ukončení fáze identifikace zdrojů znečištění vody výše uvedených toků (budou-li finanční zdroje), bude v letech 2018–2020 přikročeno k návrhu a realizaci opatření jak na přítocích do parku, tak v parku samotném. V parku budou v letošním roce kvantifikovány sedimenty v jednotlivých nádržích a tocích, bude realizováno omezení, resp. řízení stavu rybí obsádky a kontrola kvality vody na odtoku z parku. Místa se stagnující vodou je třeba zprůtočnit, případně rozšířit provzdušňovací prvky. Na Podzámeckém rybníku budou navržena alternativní opatření tak, aby mohlo být rozhodnuto, zda sedimenty vytěžít, nebo ošetřit na místě tak, aby neuvolňovaly živiny a sinice. Analýzy mocnosti a složení sedimentů Podzámeckého rybníka by měly být realizovány během první poloviny roku 2018 (budou-li financovány) a následně lze realizovat projekt a vodoprávní povolení na revitalizaci této nádrže.

Celkově je ale třeba k nápravě stavu přistoupit komplexně z pohledu nejen hydrologie Botiče, ale také krajiny, protože bez vzájemných vazeb na hospodaření v okolních pozemcích povodí nemáme šanci podchytit zdroje



znečištění natož dosáhnout preventivních opatření v podobě revitalizací a regulací škodlivých činností. Jsme si samozřejmě vědomi toho, že realizace revitalizačních opatření si žádá vzájemnou spolupráci mnoha subjektů, a proto je zde důležitý management a řízení celé akce. Je nutné oslovit vlastníky, hospodáře (zemědělce, vodohospodáře, investory), státní správu i samosprávu. O náš krajinářský přístup projevil zájem Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy, což by mohlo přinést kýženou koordinaci. Víme, že bez pomoci specialistů – krajinářských inženýrů se neobejdeme. Upřednostňujeme však přírodně bližší způsoby revitalizací, jak jsme předeslali na setkání ČSKI minulý rok [5]. Rádi bychom tímto příspěvkem otevřeli diskusi k široké problematice péče o krajinu v rychle se rozvíjejícím okolí jihovýchodně od Prahy s cílem ochrany přírodně-kulturního dědictví mezinárodního významu, jakým Průhonický park bezesporu je. Právě tímto se zabývá i náš projekt řešený ve spolupráci s Ministerstvem kultury. Obecnou problematikou ekologické infrastruktury krajiny (tj. drobné vodní toky, mokřady, rozptýlená zeleň) a rolí občanské společnosti v procesu ochrany, správy a plánování se zabýval letošní seminář, který organizovala Platforma pro krajinu ve spolupráci s Komisí pro životní prostředí AV ČR a MŽP. Bližší informace naleznete na stránkách Platformy pro krajinu ([www.nasekrajina.eu](http://www.nasekrajina.eu)), kterou koordinuje Botanický ústav AV ČR.

### Literatura

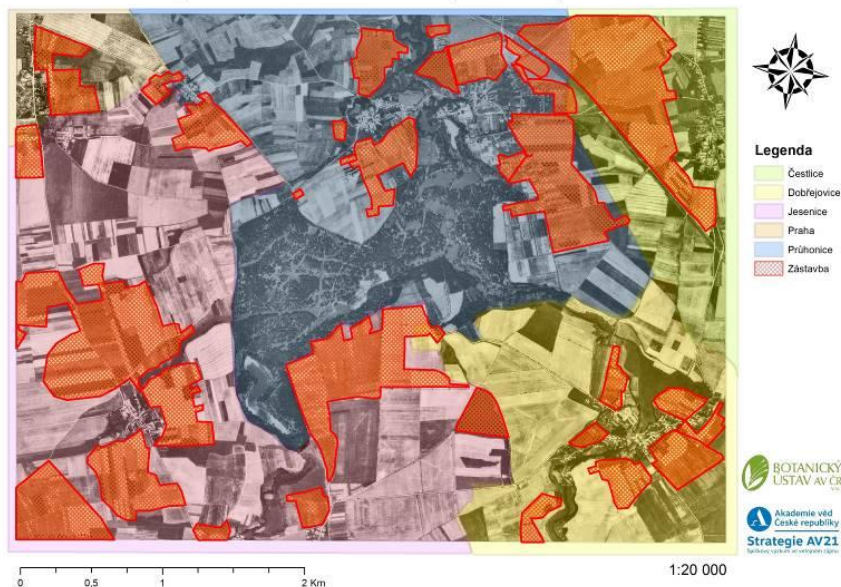
- [1] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Botič>
- [2] ŠEJNEROVÁ, Alena. *Hodnocení kvality vody nádrží povodí Botiče*. Diplomová práce. 2016. 73 s.
- [3] PETŘÍK, Petr. *Revitalizace horního povodí Botiče - klíč k povodním v Průhonickém parku?* In: ZAPLETALOVÁ, J. & Kirchner, K. (eds.) *Aktuální environmentální hrozby a jejich impakt v krajině*. Ústav geoniky Akademie věd ČR, v. v. i., Brno, 56–59, 2016. ISBN 978-80-86407-65-4.
- [4] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>
- [5] PETŘÍK, Petr, Salzman, Klára, Hejzlar, Josef, Pithart, David & Fanta, Josef. *Voda v krajině a revitalizace*. In: VOKURKA, Adam (ed.) *Konference Krajinné inženýrství 2017. Sborník příspěvků z konference*. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, p. 125–133, 2017. ISBN 978-80-263-1341-0.

## Příloha



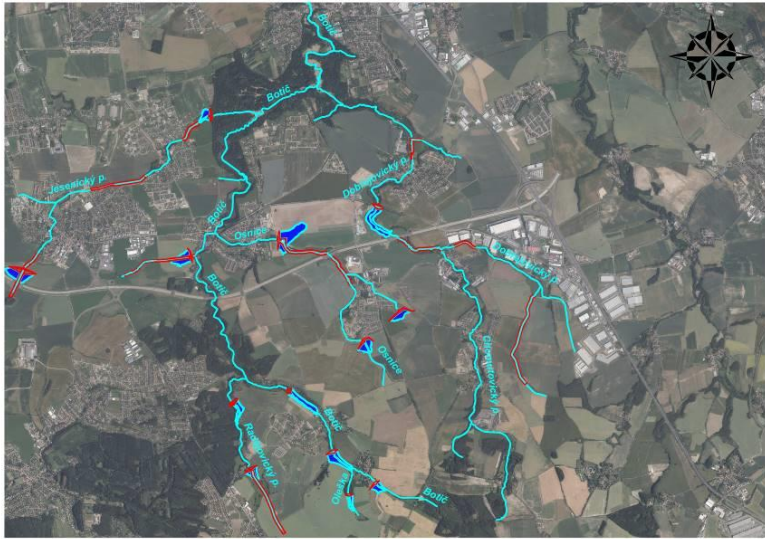
*Obr. 1 Podzámecký rybník s vodním květem v roce 2016. Foto E. Maršálková*

### Nárůst zástavby v okolí Průhonického parku za posledních 50 let



Zpracováno na základě dat z CENIA (ortofoto - rok 1953). Pro Botanický ústav AV ČR a příspěvním prostředků z programu Strategie AV21 zpracoval Ing. Martin Vojík.

*Obr. 2 Nárůst zástavby v okolí Průhonického parku za posledních zhruba 50 let. Autor: M. Vojík. Červeně jsou zvýrazněny nyní zastavěné plochy. Pozadová barva znázorňuje různá katastrální území.*

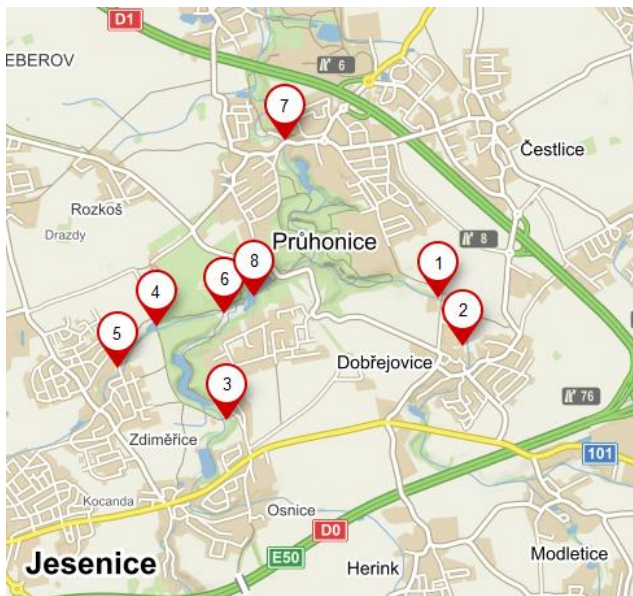


Úsek toku s navrhovanou revitalizací      Návrh suché nádrže (poldru) s max. zátopou při Q100

Zpracováno na základě komplexní studie proveditelnosti revitalizace Botičky ve Středočeském kraji (pro Botanický ústav AV ČR zpracoval Sweco Hydroprojekt, a.s.) s příspěvkem prostředků z programu Strategie AV21.



*Obr. 3 Projekt revitalizace horního povodí Botičky. Se svolením zpracovatele projektu upravitel M. Vojtek.*



*Obr. 4 Mapa odběrových míst*



**Obr. 5** Měření sondou YSI, batymetrie Podzámeckého rybníka a průtoků na přítocích (říjen 2016). Foto E. Maršálková



**Obr. 6** Retenční nádrž pod ČOV Jesenice v parku (říjen 2016) – celkový pohled (vlevo), anaerobie s bublinkami metanu (vpravo). Foto E. Maršálková



**Obr. 7** Přítok do podzámeckého rybníka (březen 2017). Foto E. Maršálková

#### **Poděkování**

Tento příspěvek vznikl jako výsledek projektu NAKI Ministerstva kultury ČR „Biotické ohrožení památek zahradního umění: řasy, sinice a invazní rostliny“ s kódem DG16P02M041. Děkujeme Ing. M. Vojíkovi za technickou pomoc.

# POTENCIÁL OBNOVY VODNÍCH PLOCH EVIDOVANÝCH NA MAPÁCH Z LET 1763-1768

POTENTIAL OF RENEWAL OF WATER AREAS RECOGNIZED ON THE MAP  
OF THE YEARS 1763-1768

**Marek HAVLÍČEK<sup>1,✉</sup>, Hana Skokanová<sup>1</sup>, Václav David<sup>2</sup>, Renata  
Pavelková<sup>3</sup>, Aleš Létal<sup>3</sup>, Jindřich Frajer<sup>3</sup>, Patrik Netopil<sup>4</sup>,  
Bořivoj Šarapatka<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., pobočka Brno,  
Lidická 25/27, 602 00 Brno*

<sup>2</sup>*ČVUT v Praze, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulta stavební,  
Tháškova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice*

<sup>3</sup>*Univerzita Palackého v Olomouci, Katedra geografie, Přírodovědecká fakulta,  
tř. 17. Listopadu 12, 771 46 Olomouc*

<sup>4</sup>*Univerzita Palackého v Olomouci, Katedra ekologie a životního prostředí,  
Přírodovědecká fakulta, Šlechtitelů 241/27, 783 71 Olomouc*

✉marek.havlicek@vukoz.cz

## Abstract

Potential of water areas restoration is a hot topic in present landscape planning. The focus is usually on water areas from mid-19th century where their location is quite good due to maps' positional accuracy. Yet, we can also use older Austrian military survey from 1763-1768, which enables us to locate dams of water areas and assess potential for restoration of these areas. Based on analysis of three model regions, we can say that the highest potential for restoration of water areas from 1763-1768 can be found in the river basin of Jevišovka River. In this basin, approx. 51 % of vanished water areas show preserved dam in its original range. The other two river basins show smaller potential for restoration of vanished water areas – it's 26 % for river basin of Opava River and 24 % for river basin of Bystřice River.

**Keywords:** water area, old topographic maps, Czech Republic

## 1 ÚVOD

Mapy 1. rakouského vojenského mapování v měřítku 1:28 800, které byly na našem území vytvořeny v letech 1763-1768, jsou cenným informačním zdrojem o rozsahu vodních ploch. Tyto mapy sice nedosahují polohopisné přesnosti

navazujícího 2. rakouského vojenského mapování, ale i bez dostatečných geodetických základů je lze využít pro interpretaci výskytu vodních ploch, lokalizaci hrází rybníků a zhodnocení přibližného rozsahu zátopového území [1].

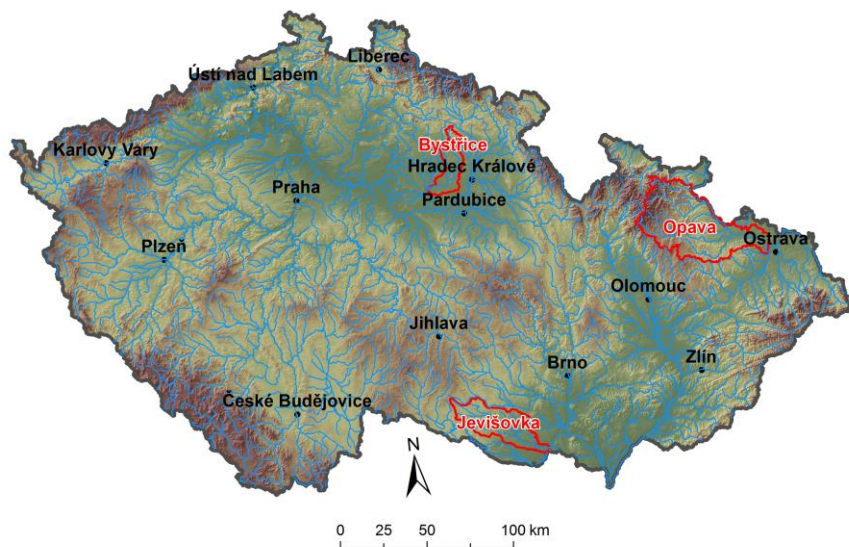
V období druhé poloviny 18. století bylo na našem území značné množství rybníků, v Úředním soupisu rybníků (1786) bylo jen v Čechách zaznamenáno 20 789 rybníků o celkové výměře 76 816 ha [2]. I když se jednalo o období, ve kterém docházelo k postupnému úpadku rybníkářství a rušení rybníků, lze očekávat, že ve většině povodí zachycují větší počet vodních ploch, než na následujícím mapování z let 1836-1852 [3]. V 18. a 19. století se na poklesu počtu vodních ploch podepsal vliv různých hybných sil – např. osvícenské reformy Josefa II., včetně patentu o zrušení nevolnictví z roku 1871 a vyvolaným „hladem po půdě“, státem podporované inovace v zemědělském hospodaření, rozmach pěstování cukrové řepy, technické inovace spojené s jiným pohonem, než vodním kolem, rozmach železnice s požadavky na trasování v údolích vodních toků, špatný technický stav rybníků, či obavy z šíření nemocí v okolí vodních ploch [1].

## 2 MODELOVÁ ÚZEMÍ

Pro studium potenciálu obnovy vodních ploch evidovaných na mapách z let 1763-1768 byla vybrána povodí ze všech hlavních povodí v České republice, tedy povodí Dunaje, Odry a Labe. Z povodí Dunaje to bylo povodí Jevišovky, z povodí Odry šlo o povodí Opavy a v povodí Labe se jednalo o povodí Bystřice – viz obr. 1.

Povodí Opavy je ze tří zkoumaných povodí největší, má celkovou rozlohu 2088 km<sup>2</sup>. Také vykazuje nejvyšší dynamiku reliéfu, protože zdrojnice Opavy, tedy Bílá Opava a Střední Opava mají své prameny na svazích masivu Pradědu v Hrubém Jeseníku v nadmořské výšce 1280 m. Významným přítokem Opavy je i řeka Moravice pramenící jižně od Pradědu v nadmořské výšce 1134 m. Pramenné oblasti mají charakter hornatin nebo vrchovin a leží v geomorfologických celcích Hrubý Jeseník a Zlatohorská vrchovina [4]. Střední část toku protéká Nízkým Jeseníkem, dolní část toku Opavskou pahorkatinou. Soutok Opavy s Odrou se nachází v nadmořské výšce 207 m v Ostravě.

Převážná část povodí Jevišovky se nachází v Jevišovické pahorkatině, dolní část povodí zasahuje do Dyjsko-svrateckého úvalu [4]. Od pramenné oblasti s nadmořskou výškou okolo 500 m n. m. rovnoměrně klesá nadmořská výška až po soutok s Dyjí (175 m n. m.). Celková plocha povodí činí 787 km<sup>2</sup>.



*Obr. 1 Modelová území vybraných povodí Opavy, Jevišovky a Bystřice*

Povodí Bystřice se nachází převážně v pahorkatinném reliéfu s nadmořskou výškou 200 až 300 m, pouze pramenná oblast má charakter vrchoviny s nadmořskými výškami mezi 300 až 500 m. n. m. Řeka pramení v Krkonošském podhůří, protéká Jičínskou pahorkatinou a do Cidliny se vleává ve Východolabské tabuli v Chlumci nad Cidlinou [4]. Celková plocha povodí je 379 km<sup>2</sup>.

### 3 METODIKA

Historický vývoj vodních ploch byl analyzován za použití vrstev prostorových objektů vytvořených vektorizací nad mapovými sadami starých topografických map v prostředí GIS. Vektorizace vodních ploch probíhala v prostředí Arc GIS metodou digitalizace z obrazovky [5]. Pokud byl uveden v mapě název objektu, tak byl doplněn do příslušné atributové položky. Vodní plochy byly zkoumány na podkladě mapových sad 1. rakouského vojenského mapování 1 : 28 800 (1763-1768). Pro zjištění případné kontinuity jejich výskytu byly rovněž využity mapy 2. rakouského vojenské mapování 1 : 28 800 (1836–1852) a základních map ČR (ZABAGED) 1 : 10 000 z let 2014-2015. Pro hodnocení vývoje vodních ploch byly zkoumány všechny vodní plochy zaznamenané na topografických mapách, které pak byly dále interpretovány podle velikosti a struktury typů vodních ploch. Použití I. rakouského vojenského

mapování bylo vzhledem k topologickým nedostatkům tohoto kartografického díla upraveno detailním metodickým postupem. Nejdříve byly lokalizovány vodní plochy bodově (ideálně na místa hrází rybníků či do středu vodních ploch). V případě větších vodních ploch byla provedena rekonstrukce rozlohy vodní plochy s cílem získání orientační výměry vodních ploch v povodí v období let 1763-1768.

Pro potenciál obnovy vodních ploch z období let 1763-1768 je považována za zásadní informace o aktuálním stavu hráze a využití zátopového území. Stav hráze byl interpretován následně těmito kódy v atributové tabulce:

0 – neřešeno – rybník stále existuje

1 – v terénu je v současné době patrná velká část hráze

2 – v terénu je v současné době patrná velká část hráze a vede po ní zpevněná komunikace (asfaltová, betonová, panelová)

3 – v terénu je v současné době patrná velká část hráze a vede po ní nezpevněná komunikace (vč. šterkových cest)

4 – v terénu je v současnosti patrná menší část hráze

5 – v terénu jsou v současnosti stopy existence bývalé hráze

6 – žádné stopy hráze nejsou v současnosti v terénu patrné

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

V letech 1763-1768 bylo v povodí Opavy evidováno celkem 148 vodních ploch s přibližnou výměrou 593 ha. V letech 1836-1852 poklesl počet vodních ploch v povodí Opavy na 115 (tab. 1), tento pokles byl doprovázen významným poklesem celkové výměry vodních ploch v povodí Opavy (na 174 ha). Bylo zde ještě zachováno 6 vodních ploch o výměře větší než 10 ha. Celkem v mezidobí zaniklo 55 vodních ploch.

V současnosti je celková výměra vodních ploch v povodí Opavy přibližně 1750 ha, přičemž 60 % z nich je tvořeno velkými vodními nádržemi (tab. 1).

**Tab. 1** Počet a rozloha vodních ploch v povodí Opavy v letech 1763-2015.

Rozloha (ha)	do 1,0	1,0 - 4,9	5,0 - 9,9	nad 10,0	Počet	Celkem (ha)
<b>1763-1768</b>					148	593,2
<b>1836-1852</b>	87	21	1	6	115	173,5
<b>2014-2015</b>	629	56	14	8	707	1748,5

Při hodnocení potenciálu obnovy vodních ploch v povodí Opavy z let 1736-1768 bylo zjištěno, že ze 148 vodních ploch se 44 dochovalo do současnosti a 104 zaniklo. Velký potenciál pro obnovu má 12 lokalit, na kterých je patrná

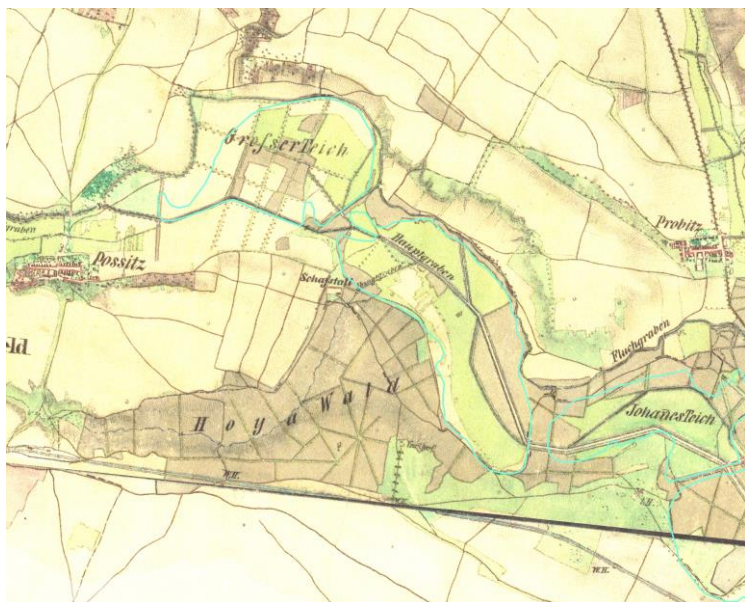


velká část hráze, 10 lokalit s dochovanou hrází se zpevněnou komunikací a 5 lokalit s hrází s nezpevněnou komunikací. Obtížněji jsou obnovitelné vodní plochy, u nichž je dochována jen menší část hráze (8) nebo stopy po hrází (17). U 52 bývalých vodních ploch nejsou žádné stopy hráze v současnosti v terénu patrné.

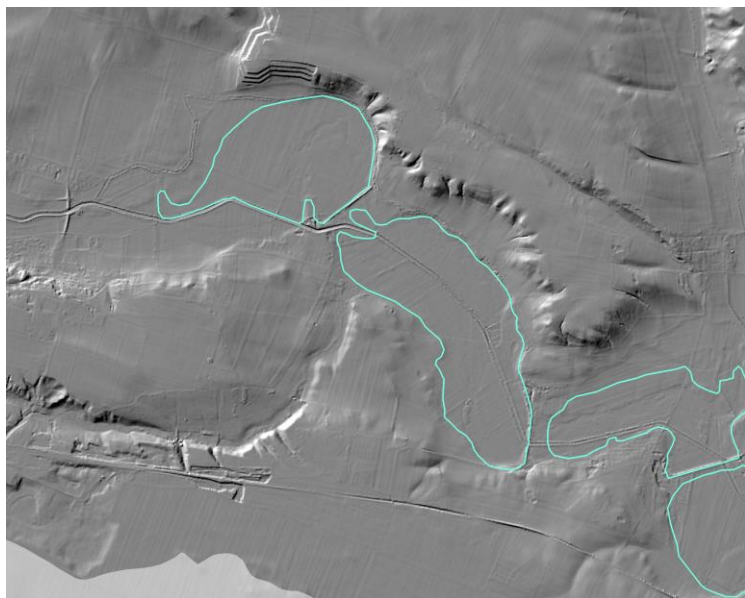
V prvním sledovaném období (1763-1768) bylo v povodí Jevišovky identifikováno celkem 217 vodních ploch, při rekonstrukci zákresu větších vodních ploch z map 1. rakouského vojenského mapování bylo zakresleno více než 1050 ha vodních ploch (tab. 2). I když jde jen o orientační údaj, lze konstatovat, že v letech 1763-1768 bylo ze všech sledovaných období v tomto povodí dosaženo největší celkové rozlohy vodních ploch. Největší zaniklé vodní plochy se nachází v dolní části toku Jevišovka mezi Lechovicemi a Hrušovany nad Jevišovkou. Ukázky zaniklých rybníků mezi obcemi Božice a Pravčice jsou zaznamenány na obr. 2, 3 a 4. Interpretací zákresu z mapy 1. rakouského vojenského mapování s využitím detailního podrobného modelu území byly provedeny zákresy rybníků v GIS a spočtena jejich přibližná výměra – na obr. 2 zleva doprava: Fostitzer Teich (107 ha), Erdberger Teich (153 ha), Johanner Teich (86 ha). Velikostní kategorie nebyly vzhledem k nepřesnostem zákresu na mapách 1. vojenského mapování sledovány.



**Obr. 2** Rybníky v povodí Jevišovky u obcí Božice a Pravčice (1763)



**Obr. 3** Zaniklé rybníky v povodí Jevišovky u obcí Božice a Pravice (1841)



**Obr. 4** Hráze zaniklých rybníků na digitálním modelu reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G) - zdroj ČÚZK

V letech 1836-1852 poklesl počet vodních ploch na 104, v mezidobí zaniklo 70 vodních ploch, přesto celková výměra vodních ploch v povodí Jevišovky byla stále poměrně vysoká (615 ha). Je to dáno i největším zastoupením velkých vodních ploch o výměře větší než 10 ha (celkem 13 vodních ploch). Na počátku 21. století docházelo k zakládání malých vodních nádrží a realizaci protipovodňových opatření [1]. To se projevilo jak nárůstem počtu vodních ploch, tak i postupným růstem celkové výměry vodních ploch v povodí Jevišovky. Přesto není stále dosaženo hodnot celkových výměr z poloviny 19. století či poloviny 18. století (tab. 2).

**Tab. 2** Počet a rozloha vodních ploch v povodí Jevišovky v letech 1763-2015.

Rozloha (ha)	do 1,0	1,0 - 4,9	5,0 - 9,9	nad 10,0	Počet	Celkem (ha)
<b>1763-1768</b>					217	1053,1
<b>1836-1852</b>	44	38	9	13	104	614,9
<b>2014-2015</b>	215	54	13	6	288	405,8

Při hodnocení potenciálu obnovy vodních ploch v povodí Jevišovky z let 1736-1768 bylo evidováno 78 vodních ploch z celkových 210, které se dochovaly až do současnosti. 132 vodních ploch zaniklo a dosud nebylo obnoveno. Největší potenciál pro obnovu má 24 lokalit, na kterých je patrná velká část hráze, 26 lokalit s dochovanou hrází se zpevněnou komunikací a 17 lokalit s hrází s nezpevněnou komunikací. Celkem je tedy v dobrém stavu dochována hráz u 51 % zaniklých vodních ploch v povodí Jevišovky. Menší potenciál pro obnovu mají bývalé vodní plochy, u nichž je dochována jen menší část hráze (10) nebo stopy po hrázi (22). U 33 bývalých vodních ploch v povodí Jevišovky z období let 1763-1768 nejsou v současnosti patrné žádné stopy hráze.

V prvním sledovaném období (1763-1768) bylo v povodí Bystřice evidováno celkem 233 vodních ploch, při rekonstrukci zákresu větších vodních ploch z map 1. rakouského vojenského mapování bylo zakresleno více než 890 ha vodních ploch (tab. 3). I když jde jen o orientační údaj, lze konstatovat, že v letech 1763-1768 bylo ze všech sledovaných období v tomto povodí dosaženo největší celkové rozlohy. Největší zaniklé vodní plochy se nachází v dolní části toku Bystřice v okolí Chlumce nad Cidlinou a ve střední části povodí severně od Nechanic. Velikostní kategorie nebyly vzhledem k nepřesnostem zákresu na mapách 1. vojenského mapování sledovány.

**Tab. 3** Počet a rozloha vodních ploch v povodí Bystřice v letech 1763-2015.

Rozloha (ha)	do 1,0	1,0 - 4,9	5,0 - 9,9	nad 10,0	Počet	Celkem (ha)
<b>1763-1768</b>					233	893,3
<b>1836-1852</b>	96	33	4	9	142	658,1
<b>2014-2015</b>	349	34	8	9	400	340,8

V letech 1836-1852 poklesl počet vodních ploch na 142, od roku 1763-1768 zaniklo 161 vodních ploch (tab. 3), přesto celková výměra vodních ploch v povodí Bystřice byla stále poměrně vysoká (658 ha). Je to dáno i poměrně velkým zastoupením velkých vodních ploch o výměře větší než 10 ha (celkem 9 vodních ploch), především však dochováním čtyř významných rybníků v rybniční soustavě v okolí Chlumce nad Cidlinou) výměrách 190 ha, 101ha, 88 ha a 73 ha. Na počátku 21. století došlo k zakládání malých vodních nádrží a realizaci protipovodňových opatření. To se projevilo jak nárůstem počtu vodních ploch, tak i postupným růstem celkové výměry vodních ploch v povodí Bystřice. Přesto není stále dosaženo hodnot celkových výměr z poloviny 19. století či poloviny 18. století (tab. 3).

Potenciál obnovy vodních ploch v povodí Bystřice z let 1736-1768 je obdobný jako u povodí Opavy, největší potenciál pro obnovu má 10 lokalit, na kterých je patrná velká část hráze, 16 lokalit s dochovanou hrází se zpevněnou komunikací a 15 lokalit s hrází s nezpevněnou komunikací. Jde o přibližně 24 % ze zaniklých vodních ploch v povodí. Z celkových 233 vodních ploch evidovaných na mapách z let 1736-1768 se do současnosti dochovalo 68 vodních ploch a 165 jich zaniklo a dosud nebylo obnoveno. Menší potenciál pro obnovu vykazují bývalé vodní plochy, u nichž je dochována jen menší část hráze (8) nebo stopy po hrázi (36). 80 bývalých vodních ploch z povodí Bystřice z období let 1763-1768 nenese v současnosti žádné stopy hráze.

## 5 ZÁVĚR

I přes nepřesnosti v polohové přesnosti, je možné pro obnovu vodních ploch využít i staršího prvního rakouského vojenského mapování z let 1763-1768, které díky novým terénním modelům a interpretaci map současných i starých topografických map v GIS prostředí umožní lokalizaci hrází rybníků a zhodnocení možnosti obnovy vodních ploch v současnosti. Na základě analýz provedených na třech modelových územích lze zhodnotit, že nejvyšší potenciál obnovy vodních ploch z let 1763-1768 je u povodí Jevišovky, kde má přibližně 51 % zaniklých vodních ploch dochovanou hráz v původním rozsahu. U ostatních dvou povodí je potenciál obnovy vodních ploch s využitím

zachovalých starých hrází výrazně nižší – v povodí Opavy u 26 % zaniklých vodních ploch, v povodí Bystřice u 24 % zaniklých vodních ploch. Mapy jednotlivých hrází zaniklých vodních ploch lze využít v územním a krajinném plánování, zejména při boji se suchem a kolísáním klimatu.

### Literatura

- [1] PAVELKOVÁ, R., FRAJER, J., NETOPIIL, P. a kol. *Historické rybníky České republiky: srovnání současnosti se stavem v 2. polovině 19. století*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2014. 167 s.
- [2] MÍKA, A.. *Nástin vývoje zemědělské výroby v českých zemích v epoše feudalismu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1960, 222 s.
- [3] HAVLÍČEK, M., PAVELKOVÁ, R., FRAJER, J., SKOKANOVÁ, H. *The long-term development of water bodies in the context of land use: The case of the Kyjovka and Trkmanka River Basins (Czech Republic)*. Moravian Geographical Reports, 22 (4). 2014. p. 39–50.
- [4] DEMEK, J. MACKOVČIN, P., (EDS.). *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČR. 2. upravené vydání*. Brno: AOPK ČR, 2006. 582 s.
- [5] HAVLÍČEK, M., SKOKANOVÁ, H., DAVID, V., PAVELKOVÁ, R., NETOPIIL, P., ŠARAPATKA, B.. *Historický vývoj vodních ploch ve vybraných povodích v České republice*. In: David, V., Davidová, T. (eds): *Rybníky 2016, sborník příspěvků odborné konference konané 23.-24. června 2016 na České zemědělské univerzitě v Praze*. 2016. Praha: ČSKI, ČVUT, UPOL, VÚV, ČZU. p. 2-10.

#### **Poděkování**

*Príspevek bol spracovaný s podporou projektu NAZV Mze ČR č. QJ1620395 s názvom Obnova a výstavba rybníků v lesních porostech jako součást udržitelného hospodaření s vodními zdroji v ČR.*

# VÝUKOVÝ 3D MODEL VODNÍ NÁDRŽE

## THE POND EDUCATIONAL 3D MODEL

Věra HUBAČÍKOVÁ<sup>1,✉</sup>, Petr PELIKÁN<sup>2</sup>, Milan JIROUT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mendelova univerzita v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie, Zemědělská 1, Brno 613 00

<sup>2</sup>Mendelova univerzita v Brně, Ústav inženýrských staveb tvorby a ochrany krajiny, Zemědělská 1, Brno 613 00

✉verah@mendelu.cz

### Abstract

A small water pond (object) model for educational needs was created. Students have not only the result created in the AutoCAD Civil software, but also the 3D model - the folding object of the tank itself, which can be decomposed according to the current instruction on several parts. There are both longitudinal and cross sections of tanks and dams, details of both the outlet and the drainage pipe. Part of the model is a littoral and vegetation escort.

**Keywords:** dam, longitudinal section, cross section, littoral

## 1 MODEL VODNÍ NÁDRŽE

### Vysvětlivky:

Reálný model = model vyrobený uměleckým modelářem.

Počítačový model = 3D model k prohlížení na počítači

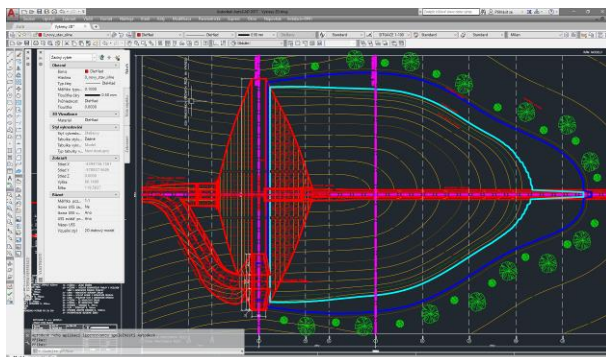
### Model nádrže: Od myšlenky k realizaci

Základní myšlenkou na počátku bylo: „Jakým způsobem dopomoci studentům cvičení z předmětu *Rybníky a účelové nádrže* k rozvoji jejich prostorové představivosti a umožnění jim se začít orientovat v množství řezů, pohledů a detailů, které sami museli vytvářet, aniž by měli někdy průpravu v podobě deskriptivních předmětů apod.“ Tato myšlenka ve své podstatě nemusí být aplikovatelná pouze pro studenty, ale i v praxi při prostorové vizualizaci navrhovaných nádrží investorům. Z této ideje vzešla potřeba vytvoření trojrozměrného reálného objektu, který bude moci být rozpojitelný v různých potřebných řezech a tak v podstatě budou viditelné stejné pohledy tak, jak už jsou k vidění na papíře projektové dvourozměrné dokumentace.

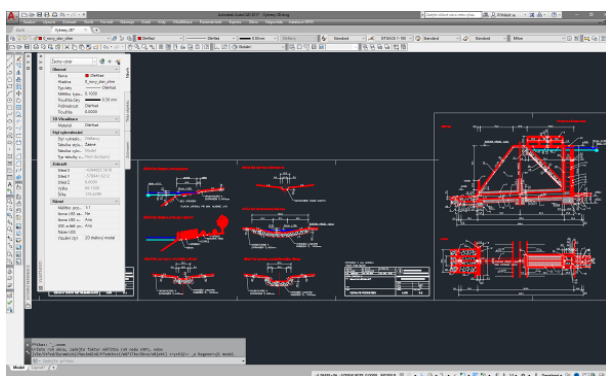
Následně bylo nutné najít vhodný způsob, jak takový reálný model vytvořit. Nabízela se forma 3D tisku, ale tento způsob měl příliš mnoho negativ, zejména

co se týče kvality výrobku, životnosti, provozu (vysoká váha) a ceny (násobně přesahující přidělené finance). Další formou byla nabízena forma vyfrézování modelu z plastového ingotu, ale negativa této formy opět převládala. Nakonec jako nejlepší řešení bylo vybráno řešení v podobě stavby modelu uměleckým modelářem.

Pro tuto formu bylo nutné vytvořit standardní technickou dokumentaci při jejímž zpracování se vyskytlo několik problémů, které bylo nutné vyřešit. Především, aby byl reálný model snadno přenositelný (požadavek na velikost a váhu) a rozebíratelný a vůbec snadno vytvořitelný, nemohlo být přistoupeno k modelování některého z reálných rybníků. Další překážkou bylo zachování technické věrnosti a respektování ČSN. Při měřítku M 1:100 by některé prvky byly najednou zmenšené na milimetry, a co se týče hráze, ta by zabírala většinu z požadované velikosti reálného modelu. Proto jsou některé prvky upraveny tak, aby se přizpůsobily potřebám přehlednosti ve výuce.



*Obr. 1 Tvorba 2D projektové dokumentace*



*Obr. 2 Tvorba 2D projektové dokumentace – detaily objektu*

Počátečním krokem byl návrh tvaru rybníka a seznam všeho, co má být jeho příslušenstvím a co má být vidět. Pro navržený tvar byly vytvořeny v AutoCADu pomocí křivek vrstevnice, kterým byla přiřazena výška. Byly vybrány osy řezů a následně započala práce na 3D počítačovém modelu a následně 2D dokumentaci (obr. 1). Pro uměleckého modeláře a taktéž pro potřeby výuky bylo nutné vytvořit řadu detailů (obr. 2) tak, aby bylo jasně viditelné a shodující se to co je vidět na reálném modelu i to co je k vidění na obrazovce počítače.

### **Postup tvorby reálného modelu**

Na základě projektové dokumentace, byl Ing. Ivo Kučerou, který je místopředsedou Klubu modelářů železnic Brno I, realizován 3D model o rozměrech 1000x600x200 mm. Rám modelu je zhotoven z MDF desek. Dělicí roviny jsou vyrobeny z HDF 3,5 mm, které jsou vyplněny polystyrénem a slepeny k sobě. Po zaschnutí lepidla byl vybroušen finální tvar nádrže. Na požerák s výpustným potrubím byly použity různé plastové komponenty. Lávka je dřevěná - odnímatelná. Pro autentičnost byly dno a břehy nádrže vyplněny vysušeným rybničním bahnem. Bezpečnostní přeliv, koryto pod výpustí, návodní a vzdušní líc jsou tvořeny kamínky, odpovídající reálné velikosti. Vegetační doprovod je z lišejníku sypaného barveným molitanem, na zatravnění byly použity různé foliáže a jiné modelářské materiály, hladina je z plexiskla. Všechny vyjímatelné části modelu jsou opatřeny magnety (obr. 3 a 4).



*Obr. 3 3D reálný model - podélný řez nádrží*





*Obr. 4 3D reálný model – celkový pohled (vlevo), příčný řez hrází a základová spára se zámkem (vpravo)*

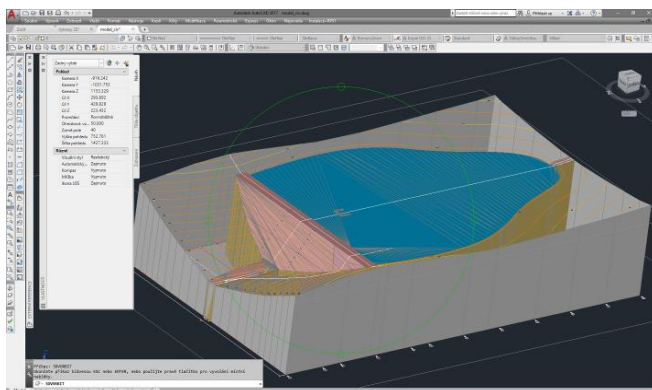
V průběhu stavby reálného modelu (obr. 5) se vyskytlo mnoho menších či větších změn a úprav. Zejména bylo důležité upravit osy řezů tak, aby se model při manipulaci samovolně nerozpadl a neponičil. Bylo nutné zabezpečit opevnění břehů proti opadávání a upravit magnetická přichycení jednotlivých segmentů.



*Obr. 5 Průběžné práce na reálném modelu*

### **Tvorba počítačové 3D vizualizace**

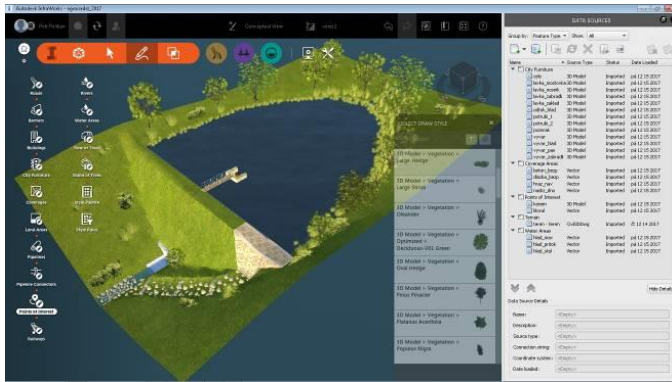
Třetím z úkolů bylo vytvoření vizualizace počítačového modelu. Čili potažení povrchů vhodnými texturami a vytažení do 3D příslušenství rybníka a jeho břehového porostu. Z postupu práce pochází obr. 6.



*Obr. 6 Ukázka 3D modelu*

Civil 3D je komplexní integrovaná CAD aplikace určená pro modelování a projektování v oblasti vodního hospodářství, dopravních a liniových staveb, terénních úprav, rekultivací apod. Programový kód aplikace používá objektově orientovanou architekturu (AEC), která mezi jednotlivými entitami výkresu vytváří dynamické vazby. Základním předpokladem pro využití AEC nástrojů aplikace je vytvoření digitálního modelu terénu (DMT), ve kterém je stavba nebo terénní úprava projektována. Program podporuje dva typy povrchů: povrchy TIN (trojúhelníková nepravidelná síť), které jsou vytvořeny triangulací vektorových vstupních dat a rastrové výškové modely DEM, založené na pravidelném gridu. Pomocí nástrojů Zemní těleso byla vytvořena hráz nádrže. Mezi návrhovými liniemi, reprezentujícími hrany koruny hráze, a modelem terénu byly definovány parametry návodního a vzdušného svahu a automaticky nalezeny linie průsečíku svahování s terémem. Pomocí obdobných nástrojů byl domodelován bezpečnostní přeliv s odpadním korytem, vodní hladina v úrovni stálého nadržení a hladina maximální. Výsledný model stavby tedy sestává z jednotlivých povrchů ve formě TIN, které jsou dynamicky provázány. Při jakékoli změně modelu terénu nebo stavby tudíž dochází k automatické aktualizaci a přebudování zobrazení podélných profilů, příčných řezů a dalších souvisejících částí výkresu. Výška hráze a sklony svahů byly přizpůsobeny reálnému 3D modelu.

K tomuto modelu, který je rozebíratelný na různé pohledy a řezy, byla vytvořena vizualizace, a to pomocí nástrojů programů AutoCAD a InfraWorks 2018 (obr. 7). InfraWorks je určený pro koncepční navrhování dopravních a vodohospodářských staveb, terénních a krajinných úprav, urbanistické studie apod. Software svým charakterem tvoří přechod mezi CAD a GIS aplikací. Do prostředí InfraWorks byl přímo importován soubor dwg s TIN povrchy.



*Obr. 7 Tvorba vizualizace v InfraWorks*

V programu AutoCAD byly pomocí nástrojů 3D modelování zkonstruovány objekty výpustného zařízení – požerák s dlužovým uzávěrem, obslužná lávka, výpustné potrubí, čelo na vzdušné straně hráze včetně vývařišť. Objekty byly opatřeny realistickými texturami odpovídajícími navrženému materiálu. Přenositelným formátem pro následný import do aplikace InfraWorks je formát fbx, který zachová nejen geometrii 3D objektů, ale i přiřazené textury materiálů. Finalizace vizualizace proběhla v programu InfraWorks, v jehož prostředí byla doplněna vegetace a definovány různé pohledy na celou stavbu při různém stavu napuštění či povodňovém průtoku přes bezpečnostní přeliv (obr. 8 a 9).



*Obr. 8 Vizualizace - pohled na bezpečnostní přeliv (vlevo) a na hráz (vpravo)*



*Obr. 9 Vizualizace- pohled na vypuštěnou nádrž (vlevo) a na nádrž při průchodu povodně (vpravo)*

## 2 ZÁVĚR

Cílem příspěvku bylo představení edukačních pomůcek pro studenty. Myšlenka byla ve vytvoření nejen počítačové 3D vizualizace, ale i reálného modelu. 3D model, který je rozebiratelný na jednotlivé řezy a pohledy, koresponduje právě s 3D vizualizacemi. Na základě manipulace s modelem si tak studenti vytvoří jasnější/reálnější představu o celém vodním díle hned z několika pohledů/řezů. Díky 3D vytvořeným modelům se u studentů rozvíjí i prostorové vnímání v dané problematice. Nyní tak mají studenti ve výuce možnost propojení toho co vidí v reálu s tím, co vidí v projektové dokumentaci. Zhotovené reálný model i 3D počítačové vizualizace jsou již využívány ve vyučovaných předmětech na Mendelově univerzitě v Brně.

### Literatura

- [1] ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže* Praha: Vydavatelství ÚNMZ. 2011. 46 s.
- [2] CHAPPELL, E. *AutoCAD Civil 3D 2016 Essentials*. Sybex. 2015. 416 s. ISBN 978-11-190-5959-2.
- [3] CHAPPELL, E. *Autodesk Infraworks and Infraworks 360 Essentials*. Sybex. 2014. 336 s. ISBN 978-11-188-6203-2.

#### **Poděkování**

*Projekt byl vytvořen za finanční podpory Institucionálního plánu MENDELU pro rok 2017 č. projektu 8.1.6. Tento projekt tak naplnil prioritní cíle a strategická opatření Dlouhodobého záměru vzdělávací a vědecké, výzkumné, vývojové a inovační, umělecké a další tvůrčí činnosti Mendelovy univerzity v Brně pro období 2016-2020. Konkrétně se jedná o prioritní cíl 1 - Zajišťování kvality a prioritní cíl 4 - Relevance.*

# OBNOVA VODNÍCH PLOCH V LESNÍM PROSTŘEDÍ

## RESTORATION OF AQUATIC AREAS IN THE FOREST ENVIRONMENT

Jana MARKOVÁ<sup>1,✉</sup>, Petr Pelikán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mendelova univerzita v Brně, Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny  
Zemědělská 3, Brno 613 00  
✉ jana.markova@mendelu.cz

### Abstract

The forest is today seen as a part of the country with a range of functions. In the small tanks serves many purposes, and their importance is primarily as a source of water for wildlife, water supply in the dry season, transformation flood flow rates are also habitat for reproduction and the existence of aquatic and wetland ecosystems. Like most of the small water reservoirs are overburdened of sediment flow from the catchment area The result of the clogging of the retention space is its reduction, and ingrown. The Forests of the Czech Republic, pay attention to the rehabilitation and reconstruction of the forest, in its administration are approximately 890 reservoirs.

**Keywords:** small reservoir, sediments, dam, forest

## 1 ÚVOD

Malé vodní nádrže (MVN) v lesích jsou neoddelitelnou součástí naší kulturní krajiny, významně se podílejí na zlepšení kvality vody v povodí, mají mimořádný význam jako základní zdroj vody v oblastech s malými vodními toky a řídkou hydrografickou sítí. V malých vodních nádržích probíhají složité fyzikální, chemické a biologické procesy, ovlivňující život v nádržích, rozhodují o jakosti vody a možnostech využití nádrží. K nejdůležitějším fyzikálním pochodům patří procesy ovlivňující teplotní změny v nádržích a sedimentační procesy. Sedimentace probíhá v podstatě ve všech nádržích rybníčního typu a výsledkem je zanášení nádrží a zmenšování celkového akumulacího prostoru zátopy [1].

Ve spolupráci s KŘ Jihlava byly v roce 2017 autory článku zpracovány dvě projektové dokumentace ke stávajícím MVN, jejichž předmětem je především rekonstrukce hráze, funkčních objektů a obnova akumulacího prostoru odstraněním sedimentu z prostoru zátopy.

## 2 KOMPLEXNOST ŘEŠENÍ

Jedním z připravovaných projektů je i rekonstrukce Burianova rybníka a nádrže Bába. Vybrané průtočné vodní nádrže se nacházejí v kraji Vysočina – MVN Bába v oblasti Hornosázavské pahorkatiny (k.ú. Jedlá, Havlíčkův Brod) a MVN Burianův rybník v Křižanovské vrchovině (k.ú. Domamil, Moravské Budějovice). Jedná se o komplexní řešení, kdy nebylo projektováno pouze odbahnění prostoru zátopy, ale i rekonstrukce hráze a funkčních objektů nádrží, v případě Burianova rybníka byla provedena v koruně hráze rekonstrukce odvozní lesní cesty za účelem zajištění potřebných parametrů.

### 2.1 Nádrž Burianův rybník

Nádrž se nachází v rozsáhlém lesním komplexu v západní části k.ú. Domamil, severo-západně od Moravských Budějovic. Burianův rybník je pod správou LČR LS Telč, jedná se o průtočnou nádrž se zemní hrází. Plocha povodí 0,2 km<sup>2</sup>,  $Q_a = 0,76$  l/s. V koruně hráze je vedena lesní odvozní cesta 2L Kopcova, prostor nádrže je zanesen sedimentem, výpustné zařízení tvoří požerák, bezpečnostní přeliv je realizován betonovou trubní propustí. Přestože se jedná o nádrž o velmi malé ploše, navrhovaná plocha při max. hladině je 1,3 ha, byl projekt rozdělen na tři stavební objekty. SO 01: Obnova malé vodní nádrže (vč. odstranění sedimentu, rekonstrukce hráze a funkčních objektů). SO 02: Rekonstrukce vozovky lesní odvozní cesty. SO 03: Prvky pro zvýšení biodiverzity lokality [2].

Před zahájením projekčních prací proběhlo podrobné zaměření lokality a stávajících objektů, byl proveden inženýrskogeologický průzkum firmou Aquatis a.s. Brno a rozbor sedimentů akreditovanou laboratoří ČIA ALS Czech Republic, s.r.o., z něhož vyplývá, že jde o sediment nezatížený znečištěním a že vzorek vyhověl požadovaným limitním hodnotám ve všech ukazatelích. Tato analýza je rozhodující pro další nakládání se sedimentem, sediment lze uložit na povrch terénu a není nutné provádět ekotoxikologické testy.

Obnova malé vodní nádrže spočívá v odtěžení přebytečného sedimentu a vytvarování prostoru zátopy. Ze zátopy bude odstraněno 715 m<sup>3</sup> sedimentu (tj. přibližně 50 % objemu nádrže při hladině stálého nadržení), což významně přispěje k obnově akumulacího prostoru nádrže, obr 1. Vytěžený sediment bude z části použit pro opravu hráze a strže pod hrází. Přebytek materiálu získaného těžbou sedimentu ze dna, který nebude využit pro opravu hrázového tělesa, bude uložen na terén v místech určených Lesní správou Telč. Dále bylo navrženo odtěžení stávající hráze a demolice stávajících funkčních objektů (výpust a trubní bezpečnostní betonový přeliv). Nově bude založena a vytvořena nová zemní hráz a osazen prefabrikovaný betonový požerák s dvojitou dlužovou stěnou těsněnou

jílem s navazujícím výpustným potrubím DN500. Požerák bude sloužit nejen pro manipulaci s hladinou v nádrži, ale jeho šachta zároveň bude plnit funkci šachtového bezpečnostního přelivu. Toto řešení je možné díky velmi malým návrhovým průtokům, kdy  $Q_{20}$  na který je nádrž (bezpečnostní přeliv) dimenzována je dle údajů ČHMÚ  $Q_{20} = 0,38 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nádrž byla zařazena do IV. kategorie dle TBD. Toto řešení výrazně sníží investiční náklady na budování samostatného bezpečnostního přelivu a také snižuje náročnost stavby, případné budoucí problémy s dalším potenciálním kolizním místem vlivem oslabení tělesa hráze. Vzhledem k tomu, že v koruně vede trasa lesní odvozní cesty, je tudíž předpokládán pohyb těžkých odvozních souprav a umístění propustku, případně přemostění v hrázi, by v budoucnu mohlo být rizikovým místem. Konstrukce cesty v koruně hráze si vyžádala také další nároky na konstrukci hráze a jejího opevnění. Koruna hráze bude plynule navazovat na stávající komunikaci vedoucí po koruně. Návodní svah navržen ve sklonu 1:2,5, vzdušný pak 1:2. Koruna hráze bude mít sklon 3,0% ke vzdušné straně. Návodní svah bude opevněn hrubým drceným kamenivem, opevnění bude opřeno do kulatiny. Pod vrstvou kameniva bude umístěna geotextilie na vrstvě jílu. Jíl bude od materiálu hráze oddělen těsnicí fólií, těsnění zabráni pronikání vody ze zátopy do konstrukčních vrstev vozovky a aktivní zóny podloží. Také úroveň hladiny v nádrži byla volena tak aby neohrožovala konstrukční části vozovky. Při vzdušné patě bude v hrázi osazen patní drén, který vyúsťuje do koryta pod hrázi.

Rekonstrukce odvozní cesty v celkové délce 53,46 m spočívá v rekonstrukci vozovky lesní odvozní cesty 2L 4,0/20 Kopcova. Hráz vodní nádrže se nachází ve směrovém oblouku cesty o poloměru  $R = 45 \text{ m}$ . Šířka vozovky v koruně 5,25 m byla navržena na základě výpočtu a ustanovení o rozšíření ve směrových obloucích dle [3]. Cesta v koruně hráze bude plynule napojena na směrové a výškové trasování stávající cesty. Na délku vzestupnic bude provedeno lineární rozšíření dle [3] na 5,25 m v koruně vozovky. Příčný sklon koruny 3.0 % byl stanoven výpočtem na základě poloměru směrového oblouku návrhové rychlosti 20 km/h. Za účelem eliminace odstředivé síly, působící na vozidlo při průjezdu směrovým obloukem, byl příčný sklon navržen dostředný směrem ke vzdušné straně hráze. Podélný sklon nivelety koruny cesty se pohybuje v rozmezí 1.0–4.0 %. Konstrukce vozovky o tl. 400 mm po ztuhnutí sestává z nestmelených vrstev kameniva, navržených na zatížení plně naloženou odvozní soupravou (zatížení návrhové nápravy 100 kN), modul přetvárnosti na koruně vozovky 100 MPa. Na základě fyzikálně-mechanických vlastností zemin použitelných pro výstavbu a výsledků IG průzkumu bylo navrženo zvýšení únosnosti aktivní zóny podloží vozovky v tělese hráze, a to vrstvou šterkodrti fr. 0/125. Součástí rekonstrukce lesní cesty bude i obnova průtočných profilů podélných odvodňovacích objektů v řešeném úseku.



*Obr. 1 Pohled na zátoku a hráz Burianova rybníka (Marková 2017)*



*Obr. 2 Pohled na návodní stranu hráze s ocelovou výpustí nádrže Bába (Marková 2017)*

## **2.2 Nádrž Bába**

MVN Bába bude řešena jako jeden stavební objekt SO 01, v rámci něhož bude provedeno odtěžení sedimentu v zátopě, obr. 2, vytvarování zátopy a tůně předsazené nádrži na pravém břehu toku. Dále bude provedena oprava hráze – odstranění dřevin, doplnění zemního tělesa včetně úpravy svahů do projektovaných sklonů a obnova návodního opevnění. Jako výpustné zařízení



bude osazen malý prefabrikovaný betonový otevřený požerák s jednoduchým dlužovým uzávěrem a obslužnou lávkou. Požerák bude konstrukčně napojen na stávající ocelové výpustné potrubí DN 500. V koruně hráze bude vybudován hrázový přímý bezpečnostní přeliv dimenzovaný na  $Q_{20} = 2,80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , opevněný kamennou rovnalinou s obvodovým betonovým pásem. Délka přelivné hrany ve dně přelivu je 6.1 m s navrženou maximální výškou přepadového paprsku 0.4 m. V rámci obnovy akumulčního prostoru bude ze zátopy MVN Bába odstraněno  $670 \text{ m}^3$  sedimentu. Tvar zátopy byl navržen tak aby vznikl prostor pro rozvoj litorální zóny. Plocha prostoru s hloubkou  $<0,6 \text{ m}$  dosahuje u MVN Bába 30 % celkové plochy hladiny stálého nadržení Ms. Nad zátopu byla navržena neprůtočná tuň. Navržená tuň na pravém břehu toku Bába má plochu  $50 \text{ m}^2$  a max. hloubkou 1,0 m. [4].

Obdobně jako u předešlé nádrže, i zde byl proveden inženýrskogeologický průzkum firmou Aquatis a.s. Brno a rozbor sedimentů akreditovanou laboratoří ČIA ALS Czech Republic, s.r.o., z něhož vyplývá, že jde o sediment nezatížený znečištěním a že vzorek vyhověl požadovaným limitním hodnotám ve všech ukazatelích.

### 3 DISKUZE

Hanáč et al. [1], uvádí, že hlavní vodohospodářský problém malých vodních nádrží tvoří jejich zanášení sedimenty. Jedním z primárních cílů výše uvedených aktivit bylo odbahnění prostoru zátopy a obnova jejich akumulčního prostoru. Maximální efektivita a zhodnocení vynaložených investičních nákladů ve formě maximálního možného množství zadržené vody vzhledem k danému profilu umístění hráze a tvaru údolí nebylo možno dosáhnout z důvodu nutnosti splnění požadavků na zachování litorálního pásma s parametry striktně stanovenými orgány státní správy (OŽP). Exaktní hodnota maximální hloubky litorálu však není v žádném závazném dokumentu stanovena. Za litorální pásmo se považuje část vodní nádrže o hloubce nepřesahující 0.6 m, což je obecně uznávaná přirozená hranice rozvoje emerzních makrofyt ve směru od břehových partií. Stanovení konkrétní hodnoty parametru je řešeno individuálně a záleží pouze na rozhodnutí příslušného orgánu státní správy. V praxi se lze setkat i se závazně vyžadovanou hodnotou až 0,4 m. Na MVN Bába byl stanoven požadavek na zachování litorálu o ploše minimálně 20 % hladiny stálého nadržení, avšak vztažené k max. hloubce 0,5 m. Výsledná plocha litorálu při uvažování max. hloubky 0,6 m je však 30 % hladiny Ms. U obou nádrží bylo dosaženo poměrně rozsáhlých mělkovodních ploch v porovnání s celkovými parametry nádrží, což může působit jako neefektivní využití celkového akumulčního prostoru nádrže. Z dlouhodobého hlediska lze předpokládat, že nádrže budou opět postupně

samovolně zanášeny sedimentem a již tak rozsáhlý litorál se bude přirozeně zvětšovat.



*Obr. 3 Vizualizace stavby MVN Bába*



*Obr. 4 Vizualizace stavby Burianův rybník*

Běžnou součástí návrhu nových i rekonstrukce stávajících nádrží je dnes i budování tůň mimo vlastní zátoku. V projektu obnovy nádrže Burianův rybník byly navíc navrženy objekty tzv. plazníků, jedná se o dva plazníky o rozměrech 2,5x3,5 m. Pro plazníky budou využity vhodné pařezy, případně hroubí i nehroubí po vykácených stromech z tělesa stávající hráze či břehů nádrže. Dále budou v konstrukci využity kůly tl. 15 cm o délce 1,50 m a kulatina tl. 25 cm o délce 2,5–3,5 m. Plazníky tvoří úkryt a zároveň zimoviště pro plazy i pro obojživelníky. Budování těchto objektů v prostoru rozsáhlých lesních kultur je diskutabilní, je zde určitě dostatečné množství přirozených úkrytů. V oblastech kde nádrže jsou obklopeny zemědělsky obhospodařovanými pozemky, mají tato opatření jistě svůj význam. Na zmiňované nádrži bylo nevrženo plazníků

doporučeno v biologickém hodnocení a také podmínkou ve vyjádření Agentury ochrany přírody a krajiny ČR.

## 4 ZÁVĚR

V rámci investiční přípravy opatření na drobných vodních tocích a malých vodních nádržích byla zpracována projektová dokumentace ke stávajícím MVN ve správě Lesy České republiky, s.p., jejichž předmětem je rekonstrukce hráze, funkčních objektů a obnova akumulacího prostoru odstraněním sedimentu z prostoru zátopy. Cílem není pouze uvedení vodních děl do technicky způsobilého stavu, ale i do projektové dokumentace byla zapracována i opatření pro zvýšení biodiverzity. Jedná se především o vhodné vytvarování prostoru zátopy, jejíž část bude mít formu mělkovodního litorálního pásma (obr. 3. a 4). V blízkosti nádrží budou vyhloubeny tůňe, které budou plnit funkci mokřadního biotopu. Projektová dokumentace byla zpracována dle platných technických norem [3][5][6], v rozsahu společné dokumentace pro vydání společného územního rozhodnutí a stavebního povolení a provádění stavby dle [7].

### Literatura

- [1] HANÁK, Karel. et al. *Stavby pro plnění funkcí lesa*. 1 st ed. Praha: Informační centrum ČKAIT. 2009 ISBN 978-80-87093-76-4.
- [2] PELIKÁN, Petr., MARKOVÁ, Jana., TLAPÁK, Václav. *Projektová dokumentace pro DUR, DSP, DPS : Malá vodní nádrž Burianův Rybník – odbahnění, rekonstrukce hráze a objektů, rekonstrukce vozovky lesní dopravní cesty*. 2017
- [3] ČSN 73 6108 Lesní dopravní síť. UNMZ 2016
- [4] MARKOVÁ, Jana., PELIKÁN, Petr., TLAPÁK, Václav. *Projektová dokumentace pro DUR, DSP, DPS : Malá vodní nádrž Bába – odbahnění, rekonstrukce hráze a objektů*. 2017
- [5] ČSN 75 0120 Vodní hospodářství – Terminologie hydrotechnických staveb. UNMZ 2009
- [6] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. UNMZ 2011
- [7] vyhl. č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, v aktuálním znění.

#### **Poděkování**

*Prezentovaný článek je uveřejněn za podpory projektu Interní grantové agentury Mendelovy univerzity v Brně: č. projektu: IGA LDF\_PSV\_2016002: Minimalizace ztrát lesní a zemědělské půdy vlivem erozních a abrazních procesů v krajině, a ve spolupráci s Lesy ČR, s.p. KŘ Jihlava.*



Titul: Rybníky 2018  
Editoři: Ing. Václav David, Ph.D., Ing. Tereza Davidová, Ph.D.  
Vydavatel: České vysoké učení technické v Praze, Česká společnost krajinných inženýrů, Univerzita Palackého v Olomouci, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Česká zemědělská univerzita v Praze  
Tisk: Česká technika – nakladatelství ČVUT  
ISBN: 978-80-01-06452-8  
ISSN: 2570-5075





# *vodní hospodářství*®

Specializovaný vědeckotechnický časopis přináší již 67. rokem informace z oblasti projektování, realizace a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí v České republice a na Slovensku.

Do časopisu přispívají přední čeští a slovenští odborníci.

Vychází 12 x ročně.

**Více informací a možnost objednání  
na [www.vodnihospodarstvi.cz](http://www.vodnihospodarstvi.cz)**

Vydává Vodní hospodářství, spol. s r. o.  
Tel.: Ing. Václav Stránský 603 431 597  
E-mail: [stransky@vodnihospodarstvi.cz](mailto:stransky@vodnihospodarstvi.cz)



Hlavní činností naší společnosti VHS Bohemia a.s. je zaměřena na vodohospodářské, pozemní a dopravní stavby. Disponujeme kvalitním technickým zabezpečením a profesionálním týmem pracovníků, schopným splnit veškeré požadavky investorů. Naší prioritou je spokojený zákazník, jehož potřeby a požadavky plníme v nejvyšší kvalitě. Cílem je precizně provedená stavba, realizovaná v řádném smluvním termínu s dodržením dohodnutého finančního objemu.

Používáme technologie splňující normy ČSN EN ISO 9001:2001 a ČSN EN ISO 14001:2005. Vlastní certifikáty potvrzující zavedení a udržování systému environmentálního managementu odpovídajícího požadavkům uvedených ČSN.



### Revitalizace vodních toků a rybníků

Jednou z našich specializací je odstraňování následků povodní, výstavba rybníků a vodních nádrží sloužících ke zvyšování retenční schopnosti krajiny. Čistíme a zpevňujeme koryta řek a potoků. Zvyšujeme biodiverzitu vodních toků zprůtočněním slepých ramen, revitalizací břehových porostů apod. Dále se zabýváme výstavbou suchých poldrů a revitalizací rybníků pro extenzivní i intenzivní chov ryb. Zajišťujeme inženýrskou činnost včetně vypracování manipulačního a provozního řádu vodohospodářského díla. Velký důraz klademe na kvalitu prováděných stavebních prací a na dodržování zásad ochrany životního prostředí. Disponujeme stavební technikou s ekologicky odbouratelnými oleji.



### Výstavba vodovodů a kanalizačních stok

Naše společnost se dlouhodobě zabývá výstavbou vodovodů a kanalizačních stok. Zajišťujeme dodávku a montáž kanalizačních sítí od nejmenších rozměrů až po velké dimenze stokových sítí určených pro odvedení velkého množství odpadních vod. K dosažení nejvyšší kvality prováděných stavebních děl používáme nejmodernější technologie. Samozřejmostí je dodržování technologických a bezpečnostních postupů. Stejně zásady platí pro dodávku a montáž vodovodních sítí. Realizujeme dodávky a montáže místních (občanských) vodovodních přípojek, ale také zajišťujeme výstavbu velkých vodovodních přivaděčů, i s dodávkou vodojemů a příslušné technologie pro úpravu pitné vody.





## **NATURA KONCEPT** ŘEŠENÍ VODY V KRAJINĚ

### **VÁŠ PARTNER PRO ODBORNÉ A KOMPLEXNÍ ŘEŠENÍ RYBNÍKŮ, NÁDRŽÍ, TŮNÍ, POLDRŮ ...**

Posouzení záměru v návaznosti na vhodné dotační výzvy a jejich pravidla.

Odborné metodické vedení investičního záměru od A-Z.

Pomoc s výběrem vhodné projekční kanceláře případně vedení již Vámi vybrané.

Odborný dohled nad vyhotovením projektové dokumentace v souladu s pravidly dotačního programu.

Zajištění inženýringu vč. vydání stavebního povolení.

Kompletace podkladů a podání žádosti o dotaci vč. komunikace s poskytovatelem dotace.

Zajištění výběrového řízení a vyhodnocení.

Součinnost v přípravě účetních podkladů pro správné vyúčtování dotace  
a zkolaudování akce směrem k poskytovateli dotace.

**Vysoká úspěšnost v získání finančních zdrojů z dotačních programů.**

Tým složen z odborníků s letitými zkušenostmi v oboru  
**POJĎME SPOLEČNĚ NAVRÁTIT VODU DO PŘÍRODY**





ISBN 978-80-01-06452-8

ISSN 2570-5075

